

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Katedra environmentálního inženýrství

**VÝSKYT METABOLITŮ NELEGÁLNÍCH DROG
V ODPADNÍCH VODÁCH**

Bakalářská práce

Autor:

Martin Púchovský

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová

Ostrava 2019

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

Faculty of mining and geology

Department of Environmental Engineering

**THE OCCURRENCE OF ILLICIT DRUG METABOLITES
IN SEWAGE**

Bachelor thesis

Author:

Martin Púchovský

Supervisor:

doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Katedra environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Púchovský**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství
Téma: **Výskyt metabolitů nelegálních drog v odpadních vodách**
The occurrence of Illicit Drug Metabolites in Sewage.
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl bakalářské práce
2. Současný stav řešené problematiky
3. Návykové látky
4. Metabolismus drog
5. Vliv metabolitů na životní prostředí
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. OČENÁŠKOVÁ, Věra. *Stanovení množství nelegálních drog a jejich metabolitů v komunálních odpadních vodách – nový nástroj pro doplnění údajů o spotřebě drog v České republice* [online]. Praha, 201. Dostupné z: http://www.vuv.cz/files/pdf/220/221_certifikovana_metodika_pro_stanoveni_odnosu_drog_stanoveni_def.pdf
2. *Zjišťování nezákonných drog v odpadních vodách: možnosti a omezení nového způsobu monitorování* [online]. Praha, 2016. Dostupné z: http://www.emcdda.europa.eu/attachements.cfm/att_65650_CS_Summary_Wastewater_CS_Final.pdf
3. Co ukázalo sledování výskytu farmak na ČOV České Budějovice. www.enviweb.cz [online]. Brno:


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová**

Datum zadání: 31.10.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019




doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30.4.2019


.....

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Dr. Ing. Radmile Kučerové, vedoucí bakalářské práce za cenné rady a připomínky, které mi poskytla. Děkuji také své rodině za podporu během celého studia.

Anotace

Bakalářská práce přibližuje problematiku nelegálních drog, které se vyskytují v odpadních vodách. Jsou v ní popsány odpadní vody splaškové, srážkové, průmyslové a balastní. Uvádí, s jakými metabolity jednotlivých drog se můžeme setkat a poté je i nalézt v odpadních vodách, a zároveň jakým způsobem se do vod dostávají. Dále nastiňuje jejich stručnou historii, výrobu a účinky na lidský organismus. V závěru se bakalářská práce zabývá negativním vlivem drog na životní prostředí.

Klíčová slova: Metabolit, nelegální droga, odpadní voda

Summary

The bachelor thesis deals with the issue of illicit drugs we can found in sewage. It describes types of sewage, like waste, precipitation, industrial and ballast water. It describes metabolites of individual drugs and metabolites we can found in wastewater and how they get into the water. It also announcing its brief history, production and effects on the human organism. At the end the bachelor thesis deals with negative impact of drugs on the environment.

Keywords: Metabolite, Illicit drug, Sewage

OBSAH

1 ÚVOD A CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	1
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	3
2.1 Odpadní vody	3
2.1.1 Komunální splaškové odpadní vody	3
2.1.2 Srážkové odpadní vody	5
2.1.3 Průmyslové odpadní vody	6
2.1.4 Balastní vody	7
2.2 Zkoumané látky ve splaškových vodách	9
2.2.1 Organické látky	10
2.2.2 Anorganické látky	11
2.3 Situace ve světě	11
2.4 Hodnocení množství drog v odpadních vodách v České republice	12
2.5 Odebírání vzorků	13
2.6 Zpracování vzorků	14
3 NÁVYKOVÉ LÁTKY	16
3.1 Nejčastější nelegální drogy	16
3.1.1 Metamfetamin	16
3.1.2 Extáze	17
3.1.3 LSD	19
3.1.4 Kokain	21
3.1.5 Heroin	24
3.1.6 Marihuana	25
3.2 Doba detekce drogy v těle	27
4 METABOLISMUS DROG	29
4.1 Co jsou to metabolity	29
4.2 Metabolity u vybraných drog	29

4.2.1 Marihuana.....	29
4.2.2 Metamfetamin	31
4.2.3 Extáze	32
4.2.4 LSD	33
4.2.5 Kokain	34
4.2.6 Heroin.....	35
5 Vliv metabolitů na životní prostředí.....	37
5.1 Čištění odpadních vod	37
5.2 Vliv na životní prostředí.....	39
6 ZÁVĚR.....	41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	46
SEZNAM OBRÁZKŮ	47
SEZNAM TABULEK.....	47

1 ÚVOD A CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Igelitové sáčky, kusy plastů z domácností, občanské průkazy, dámské vložky, prezervativy či cigaretové nedopalky. To vše donedávna patřilo k nežádoucím součástem odpadních vod, se kterými se na čistírnách odpadních vod po celé České republice jejich zaměstnanci setkávali.

Nemalé problémy pak přidělovaly odpadní vody s příměsí nejrůznějších ředitel, barev, olejů a tuků ze špatně nainstalovaných filtrů na autoopravnách či restauračních zařízeních. I s tím se ale dokázaly čistírny odpadních vod poprat.

Novinkou se v posledních letech staly odpadní vody s obsahem metabolitů nelegálních drog. Způsobů, jak se do kanalizačního řadu odpadní vody s příměsí drog dostávají je hned několik. Tím nejsnazším způsobem je jejich vylučování při močení nebo defekalizaci. Například v moči zůstávají některé drogy i týdny.

Cílem bakalářské práce s názvem „*Výskyt metabolitů nelegálních drog v odpadních vodách*“ je přiblížit problematiku nelegálních drog, obsahující odpadní vody v České republice. Především pak to, s jakými nelegálními metabolity drog se můžeme v odpadních vodách setkat, co pomocí nich sledovat, a také to, jaké je jejich působení ve vodě i v samotných čistírnách odpadních vod.

První část bakalářské práce se věnuje nejčastěji používaným drogám v České republice, jejich charakteristice, účinkům na lidský organismus a jejich historii. Další část práce se už poté zaměřuje na samotné metabolity, které v těle uživatelů drog vznikají. Poslední část práce nakonec poukazuje na to, jaký vliv na životní prostředí mají metabolity v odpadních vodách, potažmo ve vyčištěných vodách, které se vrací zpět do vodních toků. Metabolity drog ve vyčištěných vodách přitom neblaze působí na životní prostředí, především pak na vodní ekosystém, kde narušuje rovnováhu nejen ryb v něm žijících, ale i samotné vody, potažmo celého bentosu.

Důležité je se také zaměřit na dopady, které nelegální drogy v odpadních, ale i následně ve vyčištěných vodách, na životní prostředí mají. Je totiž zřejmé, že ne vždy se podaří všechny drogy z vody odstranit. Je nutné si také uvědomit, že ne všechny čistírny odpadních

vod jsou konstruované tak, aby si s příměsí drog poradily. Jde především o vesnice či maloměstské čistírny, které jsou mnohdy zastaralé.

Bakalářská práce se také věnuje tomu, jak se drogy do kanalizačního řadu mohou dostat. To je možné povětšinou jen dvěma způsoby, a to po jejich „úklidu“ z výroby, kdy zbytky skončí přímo v toaletní míse, nebo pomocí moči či fekálií.

Jejich odstranění z odpadních vod je přitom velice komplikované a donedávna se tak stávalo, že se příměsí drog nepodařilo úplně odstranit. Malá množství drog proto končila, a v řadách případů stále končí, přímo ve vodních tocích, kam po vyčištění proudí vyčištěná odpadní voda.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Odpadní vody

Podle Zákona o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) č. 254/2001 Sb., jsou v hlavě V, v dílu 5 Ochrana vodních toků v §38 odpadní vody definovány jako „*vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu) a jejich směsi se srážkovými vodami, jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody vznikající při provozování skládek a odkališť nebo během následné péče o ně z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních*“. [1]

Jakost se týká nejen kvality, ale i teploty. Do odpadních vod se také řadí vody odtékající (např. srážkové), ohrožují-li kvalitu povrchových nebo podzemních vod. Dále do této skupiny spadají průsakové vody ze skládek odpadu a odkališť, pokud je subjekt dále nevyužívá. „*Odpadní vody lze rozlišit na několik druhů. Jejich dělení závisí především na způsobu vzniku těchto odpadních vod a v návaznosti na vzniku i na objemu znečišťujících látek*“. [33]

2.1.1 Komunální splaškové odpadní vody

Pro účely této bakalářské práce nás budou nejvíce zajímat vody splaškové, které následně odtékají z domácností do městského kanalizačního řadu.

Splaškové vody neboli splašky, jsou odpadní vody z domácností a ze sociálních zařízení závodů (kuchyní, koupelen, umývár a záchodů). [2] Přesná Sojkova (2013) definice zní: „*Splašková odpadní voda je voda odváděná z obytných budov a z budov, v nichž jsou poskytovány služby, která vzniká převážně jako produkt lidského metabolismu a činnosti v domácnosti*“. [33]

Složení splaškových vod je podrobně popsáno v **normě ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 EO**. Tyto vody by bez předchozí úpravy mohly způsobit značné ekologické škody ve volné přírodě. [33]

Tabulka 1: Hodnoty znečištění na 1 EO (=ekvivalentní obyvatel)

BSK ₅ [g/(os×den)]	CHSK _{Cr} [g/(os×den)]	NL [g/(os×den)]	N _c [g/os×den]	P _c [g/os×den]
60	120	55	11	2,5

(Zdroj: Sojka, 2013)

Tabulka 2: Orientační hodnoty splaškových odpadních vod

BSK ₅ [mg/l]	CHSK _{Cr} [mg/l]	NL [mg/l]	N _c [mg/l]	P _c [mg/l]
100-400	250-800	200-700	30-70	5-15

(Zdroj: Sojka, 2013)

Průměrné složení splaškových vod je v různých lokalitách velmi podobné. Hlavní podíl znečišťujících látek tvoří organické látky pocházející z moči a fekálií (více než 60% organických látek). V případě fekálií se jedná především o lipidy, bílkoviny, polysacharidy a produkty jejich rozkladu (například alifatické kyseliny, aminokyseliny, aminy atd.), v případě moči jde o dusíkaté látky, především močovinu. [2]

Močovina podléhá ve splaškových vodách rychlému biologickému rozkladu, zvyšuje se tak podíl amoniakálního dusíku. Jeden člověk vyloučí za den asi 16 g dusíku ve formě dusíkatých látek. [2]

Základní anorganické složení splaškových vod je dáno složením pitné vody používané v domácnostech a sociálních zařízeních. Přírůstek obsahu anorganických látek pochází z moči, kuchyňských odpadů, mycích, čistících a pracích prostředků a ze znečištěných ulic a veřejných prostranství. Jedná se zejména o chloridy, sodík, draslík, fosforečnany a anorganické formy dusíku. [2]

2.1.2 Srážkové odpadní vody

„Pojem srážkové vody používá vodní zákon i zákon o kanalizacích a vodovodech.“ [33] Tato voda, jak již název napovídá, pochází ze srážek (z dešťových i sněhových). Její kvalita je značně proměnlivá a záleží na mnoha okolnostech, např. na znečištění vozovek, četnosti a opakování srážek, čistotě ovzduší aj. Koncentrace organického znečištění se přibližuje splaškovým vodám, proto je cílem je taktéž zachytávat a čistit. *„Především v zimních měsících se do kanalizace dostává z tajícího sněhu velké množství soli. To se projevuje zvýšenou koncentrací chloridů“ [33]* Hlavním problémem je finanční náročnost spojená především s odváděním srážkových odpadních vod u malých zdrojů znečištění do kanalizace (budování dešťových zdrží, dimenzování objektů dosazovacích nádrží). [33]

Stát si ekonomickou nákladnost pro mnohé subjekty plně uvědomuje, a proto spustil další fázi dotačního programu **Dešťovka**. [34] Jedná se o dotační program Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí ČR, který má podporovat udržitelné hospodaření s vodou v domácnostech. Byl vyhlášen v rámci Národního programu Životní prostředí. Program má za cíl motivovat vlastníky a stavebníky bytových a rodinných domů v celé ČR k udržitelnému a efektivnímu hospodaření s vodou a usilovat tak o snížení množství odebírané pitné vody z podzemních i povrchových zdrojů. [35] Cílem projektu je tedy motivovat lidi, aby šetřili vodou, protože ji v budoucnosti může být nedostatek. Majitelé rodinných domů jsou motivováni k tomu, aby si např. pořídili nádrž na dešťovou vodu nebo, aby si doma přechistili vodu odtékající z umyvadla či pračky za účelem splachování toalety. *„Domy musí sloužit pro trvalé bydlení nebo rekreační s trvalým pobytem osob.“ [34]*

V tomto programu jsou 3 dotační kategorie. Stát zaplatí až 50% nákladů. První je **zalévání dešťovou vodou**. V tomto typu je možné získat 20 000 Kč fixní částky + proměnné částky 3 500 Kč/m³ dle velikosti nádrže (maximálně však 55 000 Kč) na opatření si akumulacích nádrží na zalévání zahrady o objemu přinejmenším 2.000 l. Na tuto dotaci dosáhnou majitelé všech domů na území ČR. *„Dotaci nelze získat k novostavbě domu, pro novostavby je určena kategorie 2 a 3.“ [34]*

Druhou možností je dotace na **zalévání a splachování**. Zde je možné získat 35 000 Kč fixní částky + proměnné částky 3 500 Kč/m³ dle velikosti nádrže (maximálně však 65 000 Kč) na řešení rozvodů dešťové vody k následujícímu využití např. ke splachování. Dotaci získají majitelé domů v celé ČR, dále lidé žijící v obcích, kde již mnoho měsíců platí omezení využívání pitné vody (např. ve formě zákazů zalévání) a další výhodou je, že dotaci lze získat i k novostavbě domu. [34]

Třetí variantou je použití **šedé odpadní vody**. „Dotace je namířena zejména na ty, kteří se teprve chystají stavět. Zapojit se ale mohou i majitelé již existujících domů připravující rekonstrukci.“ V tomto výběru je možné získat maximálně částku 105 000 Kč (60 000 Kč + 3 500 Kč/m³) na systém využívání předčištěné odpadní vody k následnému využití (splachování WC). Je možné si zvolit fixní část 60 000 Kč v kombinaci s využitím srážkové vody nebo 45 000 Kč fixní část bez kombinace s využitím srážkové vody, maximálně však 50 % z celkových způsobilých výdajů. Dále je poskytována dotace do výše 10.000,- Kč na zpracování (odborného posudku, projektové dokumentace a administraci). [34]

První dotační výzva – **Dešťovka I.** byla vyhlášena 27. dubna 2017 s alokací 100 milionů Kč. „Za 28 hodin od spuštění příjmu žádostí bylo přijato 2 279 žádostí o dotaci a výzva byla uzavřena.“ Druhá dotační výzva – **Dešťovka II.** byla vyhlášena 7. srpna 2017 s alokací 300 milionů Kč a příjem žádostí stále ještě probíhá až do vyčerpání alokace. [35]

2.1.3 Průmyslové odpadní vody

Průmyslové odpadní vody jsou vody odpadní vznikající ve výrobě průmyslových subjektů. „Složení a množství průmyslových odpadních vod je silně závislé na druhu výroby a použité výrobní technologii.“ U těchto vod je nutné posoudit jejich biologickou čistitelnost, např. z poměru CHSK : BSK₅¹, koncentrace toxických látek², aby se vyloučila přítomnost hořlavých nebo jinak nebezpečných látek. Čistitelnost se zvyšuje nařazením se splaškovými odpadními vodami. „Povolené množství a kvalitu vypouštěných průmyslových odpadních vod do veřejné kanalizace určuje její správce provozním řádem kanalizace.“ Technologická kázeň je tudíž na místě, jelikož mezi jednotlivými průmyslovými subjekty mohou být značné rozdíly u stejných výrob. [33]

¹ Vysoký poměr znamená buď přítomnost látek inhibujících bakteriální činnost, nebo velký podíl biologicky nerozložitelných látek. [33]

² Ty mají negativní vlivy na biologický proces a obsluhu ČOV. [33]

Tabulka 3: Doporučené hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěných do veřejných kanalizací

Ukazatel	Jednotky	Maximum
pH		6,0-8,5
BSK ₅	mg/l	1 000
CHSK _{Cr}	mg/l	2 000
Solnost celková	mg/l	1 000
Saponáty celkem	mg/l	55
Tuky a oleje rostl. a živ. původu	mg/l	10
Rtuť (Hg)	mg/l	0,005
Měď (Cu)	mg/l	0,5
Nikl (Ni)	mg/l	1,0
Chrom trojmocný	mg/l	0,5
Olovo (Pb)	mg/l	0,1
Arsen (As)	mg/l	0,2
Zinek (Zn)	mg/l	2,0
Selen (Se)	mg/l	0,05
Kadmium (Cd)	mg/l	0,2
Stříbro (Ag)	mg/l	0,1
Kyanidové ionty	mg/l	0,2
Ropa a ropné látky	mg/l	20
Teplota vody	°C	10

(Zdroj: Sojka, 2013)

2.1.4 Balastní vody

Balastní vody jsou vody převážně málo znečištěné. Jedná se o podzemní vody, které pronikají do kanalizačního potrubí kvůli jeho netěsnosti, a nařezují je. [36]

„V České státní normě jsou definovány jako nežádoucí přítok vody do stokového systému a kanalizačních přípojek. Obvykle mají dvě významné složky, a to:“ [36]

- vody pronikající netěsnostmi stokové sítě z okolního půdního prostředí

- povrchové vody, jež jsou bodově zaústěny do kanalizace (drobné vodoteče, drenáže, přepady z rybníků). V situaci oddílné splaškové kanalizace poté i nátok srážkových vod ventilačními otvory poklopů vstupních šachet nebo černá napojení srážkových vod z nemovitostí.

Výskyt balastních vod není v systémech městského odvodnění žádoucí, jelikož snižují kapacitu potrubí, zvětšují objem vod přitékajících do ČOV, zvětšují čerpané objemy na přečerpávacích stanicích a ochlazují a ředí odpadní vody, což vede následně k snížení účinnosti čištění v ČOV. [36] Nařezávání může snížit celkovou koncentraci BSK₅ pod 50 mg/l, což působí značné problémy při biologickém čištění. [33]

Tabulka 4: Hodnoty BSK₅ v různých závodech a výrobnách v přepočtu na EO

Průmysl	Jednotka	BSK ₅ [kg]	Počet [EO]
Mlékárna bez sýrárny	1 m ³ mléka	1,5-4,2	25-70
Mlékárna se sýrárnou	1 m ³ mléka	2,7-13,8	45-230
Cukrovar	1 t řepy	2,7-4,2	45-70
Pivovar	1 m ³ piva	9,0-21,0	150-350
Sladovna	1 t sladu	0,6-6,0	10-100
Výroba vína	1 m ³ vína	6,0-8,4	100-140
Výroba vína	1 ha vinice	2,1-3,6	35-60
Lihovar	1 m ³ obilí	120-210	2 000-3 500
Droždárna	1 t droždí	300-400	5 000-7 000
Škrobárna	1 t pšenice	30-54	500-900
Paření brambor	1 t brambor	1,5-3	25-50
Koželužna	1 t kůží	60-210	1 000-3 500
Jatky	1 t živé váhy	7,8-24	130-400
Papírna	1 t papíru	12-54	200-900
Prádelna	1 t prádla	21-54	350-900
Ustájení krav	1 kráva	0,3-0,6	5-10
Výkrm vepřů	1 vepř	0,18	3
Drůbeží farma	1 slepice	2-4	0,12-0,25
Kafilérie	1 t suroviny	6	100

(Zdroj: Sojka, 2013)

2.2 Zkoumané látky ve splaškových vodách

„Základním měřítkem pro vyjadřování znečištění je ekvivalentní obyvatel (EO).“ Tato jednotka představuje znečištění vyprodukované od 1 obyvatele za 1 den. Jednotka je nejčastěji používána pro stanovení potřebného výkonu čistírny. [33]

Sojka (2013) dále rozlišuje látky obsažené ve splaškových vodách dle původu [33]:

- v pitné vodě, kterou je zásobeno obyvatelstvo,
- v produktech metabolismu živých organismů,
- v produktech lidské činnosti v domácnosti (zbytky jídel, prací a čisticí prostředky atd.),
- v produktech průmyslové činnosti,
- v odpadních vodách srážkových,
- v balastních vodách.

Základní rozdělení znečištění obsažené v odpadní vodě lze rozlišovat dle původu na organické a anorganické. Organické látky se vyskytují v mnoha podobách, přičemž z 1/3 jsou tvořeny rozpuštěnými látkami, koloidními a suspendovanými. „Anorganické látky jsou obvykle přítomny především ve formě rozpuštěné.“ Při čistícím procesu se tyto látky odstraňují a vyčištěná voda se vrací zpět do koloběhu přírody nebo se používá jako provozní voda (recyklace vody např. v průmyslu). [33]

S postupem času se ovšem nedokážeme spokojit jen s těmito testy a je potřeba se zaměřit i na látky, které se v odpadních vodách nacházejí v daleko menší koncentraci. Díky tomu se v posledních letech dozvídáme informaci i o dalších, do té doby nezjišťovaných, látkách ve splaších.

Poskytují to neustále se vylepšující analytické techniky a přístroje, naše schopnosti a možnosti objevovat hledané látky v nižších a nižších koncentracích. K těmto látkám, označovaným v literatuře jako „*emerging contaminants*“ se od začátku tohoto tisíciletí přiřadily i nezákonné drogy. [3]

Problematika nelegálních drog v komunálních vodách se začala řešit v roce 2001, kdy se jí poprvé věnovali *Daughton a Ternes*. Vycházeli z toho, že i drogy spolu s jejich metabolity jsou svou povahou de facto běžnými chemickými látkami, jež je možné sledovat v kterémkoli prostředí díky nově se vyvíjejícím vědeckým metod analytické organické chemie. [4] Právě tímto byl položen pomyslný základ „*sewage epidemiology*“ (epidemiologie odpadních vod).

Výskyt drog ve vodách je ukázkou pro typické antropogenní znečištění. Nelegální drogy s jejich metabolity se po vyloučení z organismu dostávají do komunálních odpadních vod, poté končí v čistírnách odpadních vod, kde se některé z nich odstraňují hůře, některé lépe. Jako součást vyčištěných odpadních vod vytékají do vod povrchových. Jelikož povrchové vody slouží často jako zdroj pro výrobu pitné vody, mohou proniknout i do pitné vody. [5]

2.2.1 Organické látky

„Koncentrace znečišťujících látek v odpadních vodách se vyjadřuje jako jejich celkové množství v jednotkovém objemu vody [mg/l, g/l] nebo množství za čas [kg/den, g/s].“ [33]

Dle Sojky (2013), množství organických látek se vyjadřuje jako:

- biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅),
- chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr}),
- ztráta žíháním,
- celkový organický uhlík (TOC).

*„**Biochemická spotřeba kyslíku** vyjadřuje obsah biologicky rozložitelných organických látek v odpadních vodách.“* Hodnotu faktoru také ovlivňují anorganické látky. Hodnota BSK₅ je rovna *„množství rozpuštěného molekulárního kyslíku spotřebovaného za určitý časový interval mikroorganismy při biologickém rozkladu organických látek ve vodě.“* Stanovení se standardně provádí za časový interval 5 × 24 hod, proto se setkáváme u této značky s indexem 5. Jednotkou je mg/l nebo kg/den. [33]

*„**Chemická spotřeba kyslíku** (oxidovatelnost) je míra obsahu látek schopných chemické oxidace.“* Měření poskytuje informace o sumární koncentraci organických látek. Výhodou je, že *„vliv oxidace určitých anorganických látek lze vhodně voleným postupem vyloučit.“* Výsledkem je *„množství kyslíku, které je ekvivalentní spotřebě použitého oxidačního činidla.“* Udává se v jednotkách mg/l nebo v kg/den. *„Poměr CHSK_{Cr}/BSK₅ vyjadřuje stupeň biologické rozložitelnosti organických látek. Nízké hodnoty poměru CHSK_{Cr}/BSK₅ (<2) ukazují na přítomnost snadno rozložitelných látek, zatímco vysoké hodnoty tohoto poměru znamenají přítomnost látek rozložitelných velmi obtížně.“ [33]*

Organický uhlík (TOC) představuje celkový obsah organických látek ve vodách a vyjadřuje se v mg/l či v kg/den. [33]

„Ztráta žiháním vyjadřuje rozdíl mezi obsahem veškerých látek (stanovených odpařením vzorku a zvážením sušiny) a jejich zbytků po žihání. Je měřítkem množství organických látek přítomných ve vodě. Vyjadřuje se v %, respektive v mg/l.“ [33]

2.2.2 Anorganické látky

Jak již bylo řečeno v kapitole 2.2, anorganické látky jsou nejčastěji přítomny v odpadní vodě v rozpuštěné formě a stanoví se jako obsah iontů a solí v jejím zdroji. Jejich přítomnost není v odpadní vodě nikterak důležitá, pokud se nejedná o skupinu biogenních prvků. [33]

„Současné čištění odpadních vod je zaměřeno na snížení obsahu dusíků, solí fosforu a těžkých kovů v těchto odpadních vodách.“ Zvýšený obsah dusíku a fosforu ve vodách vede k intenzivnímu růstu řas, sinic a vodního květu (eutrofizace), jelikož právě *„tyto látky jsou základními živinami pro růst organismů v tocích“*. Tyto řasy ve svém rozkladu značně zvyšují spotřebu kyslíku oproti původnímu primárnímu organickému znečištění odpadní vody. *„Kritická hranice pro biologickou čistitelnost je koncentrace do 10g/l těchto látek v odpadní vodě.“ [33]*

2.3 Situace ve světě

V praxi výše zmíněný přístup Daughtona a Ternese poprvé aplikoval Zuccato et al. (2005) v povodí řeky Pád. Tento nový přístup ke sledování spotřeby drog byl v dalších letech velmi diskutován. Důkazem toho jsou např. publikace Zuccato et al. (2006, 2008), Castiglioni et al. (2006). Díky tomuto přístupu se dostavil rychlý rozvoj nových postupů a výzkumů v této oblasti: *„Epidemiologie odpadních vod byla použita např. ve Španělsku (Huerta-Fontela 2007), v Paříži a na území Francie (Nefau et al. 2013), ve Švédsku (Östman et al. 2014), v Chorvatsku v Záhřebu (Terzic et al. 2010), v Katalánii ve Španělsku (Boleda 2009), v USA ve státě New York (Subedi 2014), v Austrálii (Irvine et al. 2011) či ve Finsku (Kankaanpää 2014).“ [6]*

V roce 2011 proběhla velice zajímavá srovnávací studie v 19 evropských městech (Kevin et al. 2012) a pokračování v letech 2012 a 2013 (Ort et al. 2014). Celkově bylo do této studie zapojeno 42 evropských měst z 21 zemí, počítaje i Českou republiku. [6] Cílem této studie bylo provést analýzy odpadních vod pro posouzení prostorových rozdílů a časových změn užívání nelegálních drog ve velké evropské populaci. Předmětem měření byly vyloučené metabolity pěti nelegálních drog (kokain, amfetamin, extáze, metamfetamin,

konopí). Ty byly kvantifikovány ve vzorcích odpadních vod za použití metod založených na kapalinové chromatografii spojené s hmotnostní spektrometrií. Prostorové rozdíly byly vyhodnoceny a potvrzeny a značně se lišily v evropských metropolitních oblastech. Výsledky byly obecně v souladu s očekávanými sledovanými údaji. Zatímco časové změny byly v jednotlivých městech a letech významné, celkové střední hodnoty byly relativně stabilní. Celková střední hodnota metamfetaminu byla výjimkou (zřejmý pokles v roce 2012), protože byla ovlivněna převážně čtyřmi městy. Závěrem studie bylo, že analýza odpadních vod prováděná v celé Evropě poskytuje doplňkové důkazy o spotřebě nelegálních drog a obecně souhlasí s tradičně sledovanými daty. Analýzou odpadních vod lze měřit celkové užívání nelegálních drog rychleji a pravidelněji, než současnou normou pro národní průzkumy, a vytváří odhady tam, kde takové údaje neexistují. [37]

Jak je z předchozích odstavců patrné, epidemiologie odpadních vod se za dobu své dosud relativně krátké existence stala multidisciplinárním oborem, který se stále rozvíjí a na kterém se podílí biochemie, analytická chemie, fyziologie, environmetální inženýrství, technologie odpadních vod i konvenční epidemiologie.[6]

2.4 Hodnocení množství drog v odpadních vodách v České republice

Epidemiologický přístup byl v České republice poprvé využit v rámci projektu Stanovení množství nelegálních drog a jejich metabolitů v komunálních odpadních vodách – nový nástroj pro doplnění údajů o spotřebě drog v České republice (identifikační číslo projektu VG 20122015101) se zkratkou DRAGON v roce 2013. „*Tento projekt byl řešen v rámci Programu bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2010–2015 (BII/2 – VS) a byl financovaný formou dotace z rozpočtové kapitoly Ministerstva vnitra České republiky. Cílem projektu bylo zavést vhodnou analytickou metodu pro měření koncentrací vybraných látek v komunálních odpadních vodách, pomocí této metody analyzovat odebrané vzorky a zpětnou kalkulací spočítat látkové odnosy u jednotlivých drog.*“ [6]

„*Byly prováděny odběry komunálních vod celkem v 10 lokalitách, které byly vybrány po konzultaci s Národním monitorovacím centrem pro drogy a drogové závislosti a s Národní protidrogovou centrálou. Jako modelové aglomerace byly vybrány Praha, Brno, Ostrava, Plzeň a Ústí nad Labem.*“ Dále byla sledována města jako např. Karviná, Havířov, Český Těšín, Orlová a Frýdek-Místek. [5]

Během dalšího projektu bylo celkem monitorováno 25 lokalit a zpracováno zhruba 2500 vzorků odpadních vod. Ve všech vzorcích, jež byly analyzovány, byly nelegální drogy nebo jejich metabolity nalezeny. Dále připojuji podrobnější informace ze závěru dané studie: *„Nejvyšší byly koncentrace metamfetaminu (až více než 10 000 ng/l), nálezy amfetaminu se pohybovaly od 2 ng/l do 1500 ng/l, extáze byla nalezena v koncentracích od 0,1 do 534 ng/l. Nálezy benzoylekgoninu, hlavního metabolitu kokainu, ze kterého se vychází při zpětné kalkulaci spotřeby drog, jsou v rozmezí 0 až 850 ng/l.“* [6]

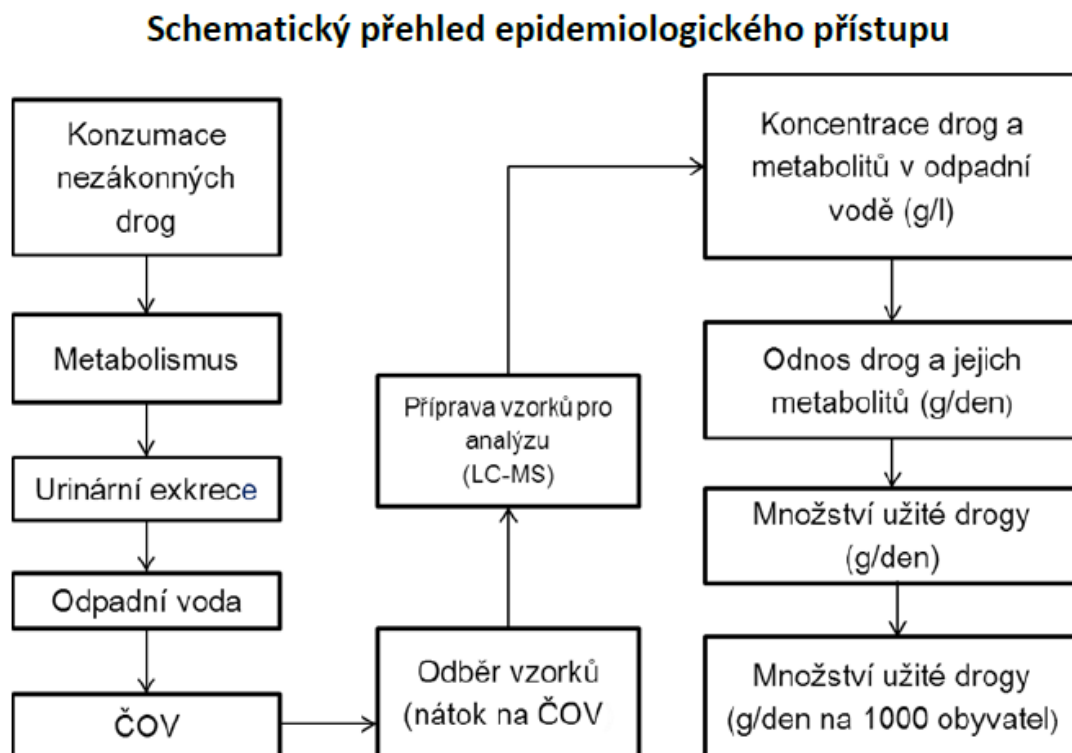
2.5 Odebírání vzorků

Ke stanovení množství nelegálních drog v odpadních vodách se používá několik způsobů. Především se vzorky odebírají na nátoky čistírny odpadních vod, a to po odstranění hrubých nečistot, které společně se splašky do čistírny dotekly. Pokud je cílem hodnocení množství drog ve splašcích pro určitou lokalitu města či jiné oblasti, provádí se odebírání vzorků také na uzlových bodech splaškové kanalizace. [5]

K odebírání vzorků je vhodné použít automatického odběrového zařízení, které dokáže zajistit 24hodinový slévavý vzorek daného místa. Po odebrání se převede do vhodné vzorkovnice, a co nejdříve je dopraven do laboratoře k expertíze. [6]

Vzorek se musí uchovávat v chladu (4 °C) a temnu do vlastního stanovení, jež se provede nejdéle do 72 hodin po odběru. Není-li to možné, vzorek se zamrazí a až do zpracování se uchovává při -20 °C. Výsledek analýzy (koncentrace sledované látky) se využije ke zpětné kalkulaci, z níž se odhalí spotřeba jednotlivých látek v dané oblasti za dané období. K porovnání jednotlivých lokalit se výsledné údaje vyjádří ve spotřebě látky za časové období na počet obyvatel (např. v g/den/1000 obyvatel). [6]

Schematické znázornění je na obrázku 1:



Obrázek 1: Schematický přehled epidemiologického přístupu

(Zdroj: Očenášková, 2015)

2.6 Zpracování vzorků

Analytické zpracování vzorku nelze provádět ve všech laboratořích. Abychom dostali správný a kvalitní výsledek, je zapotřebí ho zpracovávat v laboratořích s dostatečnou zkušeností se zpracováváním odpadních vod, zároveň je potřeba být nositelem oprávnění pro nakládání s drogami. [6]

Musí vlastnit také licence pro nakládání s prekurzory drog podle platné legislativy, jde především o zákon č. 167/1998 Sb. o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů v aktuálním znění a zákon č. 272/2013 Sb. o prekurzorech drog v aktuálním znění. Je potřeba zároveň, aby laboratoř měla zavedený vhodný laboratorní systém jako je například LabSys, pomocí něž obstarává identifikaci jednotlivých vzorků a minimalizuje možnost jejich záměny. [6]

„Odhad spotřeby nelegálních drog ve sledovaných lokalitách je prováděn pomocí zpětné kalkulace (back calculation) podle následujícího vztahu:“ [5]

$$\text{Spotřeba (g/den)} = \text{M (ng/l)} \times \text{průtok (l/den)} \times \text{PF},$$

kde:

spotřeba = denní spotřeba zvolené drogy;

M = koncentrace látky (metabolitu dané drogy, případně drogy nezměněné), ze které výpočet vychází; stanovené na nátoky na ČOV, průtok = průtok odpadní vody ČOV za den;

PF = přepočítávací faktor, jež se stanoví jako poměr molekulárních hmotností zvolené drogy a specifické látky (metabolitu nebo nezměněné drogy) násobený průměrnou procentuální metabolizací drogy na vybraný metabolit, příp. nemetabolizací - prochází-li droga tělem částečně nezměněna. [5]

3 NÁVYKOVÉ LÁTKY

V České republice se setkáváme s velkým množstvím nelegálních drog. Mezi ty nejznámější a zároveň také nejpoužívanější, patří následující:

- Metamfetamin (pervitin)
- Amfetamin
- Extáze (MDMA)
- Kokain
- Opioidy heroin a morfin
- LSD

Všechny tyto drogy a jejich metabolity se běžně nacházejí v odpadních vodách. Liší se jen podle lokalit a měst. Právě podle množství metabolitů v odpadních vodách lze poměrně dobře zjistit, v jaké části města či v jiné zkoumané lokalitě, se drogy u lidí vyskytují.

3.1 Nejčastější nelegální drogy

3.1.1 Metamfetamin

Metamfetamin neboli česky řečeno pervitin. Jde o ilegální drogu, která se řadí do stejné třídy jako kokain a další účinné drogy, které se distribuují na ulici. Je znám pod mnoha přezdívkami jako jsou *pěčko*, *peří*, *perník*, *ice*, *sníh* nebo *piko*. Slangových výrazů existuje ale daleko více. [8]

Metamfetamin je nebezpečná a účinná chemická látka a podobně, jako je tomu u jiných drog, jde v podstatě o jed, působící nejprve jako stimulant, poté ale začínajíc systematicky ničit tělo. Spojuje se tedy s vážnými zdravotními potížemi, které zahrnují ztrátu paměti, potenciální poškození srdce a mozku, psychotické chování a agresivitu. „*Účinek pervitinu je velmi silný a řada uživatelů se zmiňuje o tom, že byli polapeni (stali se závislími) od první chvíle, co ho užili. Z toho plyne, že se jedná o jednu z nejtěžších drogových závislostí – alespoň z hlediska léčení – a řada lidí umírá v její pasti.*“ [8]

V dnešní době je metamfetamin hlavně zneužíván jako snadno připravitelná pouliční droga. K jeho výrobě je zapotřebí jen několika málo "*surovin*", a k jeho výrobě stačí často jen velmi laická laboratoř. V České republice je častěji prodáván v podobě bílého nebo různě

zbarveného prášku. K jeho vylučování z těla dochází především pomocí ledvin, a následně močí.

Amfetamin (jehož derivátem je metamfetamin), dříve nazývaný také jako benzedrin, je chemickou strukturou příbuzný s adrenalinem, který se tvoří v dřeni nadledvinek a zvyšuje krevní tlak a srdeční tep, díky čemuž zvyšuje lidskou výkonnost. Díky podobnosti s adrenalinem byl pokus o jeho náhradu, který ovšem nebyl úspěšný (účinek na srdce, plíce a krevní oběh byl zanedbatelný oproti adrenalinu). Ve 30. letech se používal při léčbě narkolepsie díky svému budicímu účinku. [38]

Samotný metamfetamin (pervitin) byl poprvé vyroben v roce 1919, další studie probíhaly ve 30. letech, kdy byly testovány jeho vlastnosti a možnosti dalšího využití. Bylo zjištěno, že látky příliš nezvyšují špičkové fyzické výkony, zato prokazatelně potlačují únavu, ospalost a vyčerpání (což vede k fyzické vytrvalosti). Za krátkou dobu se po těchto zjištěních začaly používat jako doping ve sportu. Dalším využitím bylo snižování hmotnosti a léčba hyperaktivních dětí. [38]

První varování přišla v 30. letech 20. stol. „*V USA se také vyskytla vlna závislosti na tzv. „benzedrinových inhalátorech“, které byly od roku 1927 používány k léčbě rýmy a nachlazení.*“ Dalším využitím této drogy byly tabletky známé jako „*pep pills*“, které byly podávány vojákům při 2. sv. válce pro zvýšení vytrvalosti, potlačení únavy a vyčerpání a podněcující k agresivnímu a odvážnému chování. Je známo, že pouze angličtí a američtí vojáci jich spotřebovali přes 150 milionů. V Japonsku po skončení války rozpoutala novou vlnu závislosti. „*V roce 1950 tuto drogu pravidelně bralo odhadem asi 500 tisíc až 1 milion lidí.*“ Ve Švédsku byla zaznamenána vlna závislosti na speedu v roce 1958, v Nizozemí v letech 1969-1972 (poté nastoupil heroin). „*Od roku 1976 jsou amfetaminy zařazeny mezi omamné láky a jsou srovnatelné s ostatními drogami jako např. LSD, meskalinem, opiáty, kokainem a dalšími.*“ [38]

3.1.2 Extáze

Chemicky: 3,4-methylenedioxy-N-methamfetamin, zkráceně MDMA. V čisté formě se jedná o bílou krystalickou silně hořkou látku.

Spadá mezi uměle vyrobené drogy v „*laboratořích*“, podávajíc se nejčastěji ve formě tabletek. Jde o známou taneční drogu a její účinky lze přirovnat k mírným halucinacím. Droga

má značné stimulační účinky, čili konzument je schopen zvýšené fyzické aktivity, aniž by pociťoval odpovídající únavu. To může vést ke kolapsu organismu následkem fyzického vyčerpání. Mírné psychedelické účinky se projevují zejména v nárůstu empatie, laskavosti a příjemných pocitů. [9]

Obsah účinné látky průměrně bývá 80 až 150 mg. Složení tablet bývá nestandardní. MDMA obsahuje pouze část z nich. Mnoho z nich je bez účinné látky a některé obsahují jiné amfetaminy, kofein nebo efedrin. Mohou se však vyskytnout i potenciálně nebezpečné kombinace např. efedrin s inhibitory MAO. [10]

Nástup účinku je mezi 30 minutami až 1 hodinou, odeznění pak po 4 až 6 hodinách. Eliminační poločas, tj. doba, za kterou se množství látky v těle zredukuje na polovinu, je zhruba 6 hodin, biotransformací (zmetabolizování) vzniká po průchodu játry MDA a obě látky jsou poté vylučovány ledvinami (podíl MDA je asi 1/10). Detekce v moči je proveditelná při občasném užívání 1 týden, při intenzivním užívání do 14 dnů. [10]

Extáze je relativně nová droga. I když byla poprvé syntetizována už v roce 1898, vzestupu se dočkala až na počátku 80. let 20. století v USA a krátce nato se objevila v Evropě. Velmi rychle si získala popularitu a užívala se nejčastěji na *house party*. Nejčastěji se používala v užších komunitách, mezi bližšími přáteli, protože jim prý dodávala hřejivý sociální pocit. Skupiny, které ji v té době hojně používaly, si nebyly příliš povahově podobné. Droga se vyskytovala od hnutí *New age* až po jednotlivce navštěvující různé diskotéky, kluby, bary a samozřejmě nelze opomenout ani *yuppies*³. Nyní je oblíbená hlavně mezi mládeží a patří k nejoblíbenějším drogám na techno-párty (rave-party, love-parade). [38]

Z historického hlediska nelze nezmínit rok 1912, kdy byla droga, vyrobená z oleje muškátového oříšku v laboratořích farmaceutické firmy E. Mercha, přihlášena k patentování v Darmstadtu a o dva roky později byla i patentována. V té době již byly všeobecně známé léčivé účinky muškátového oříšku a čekal se velký ohlas, který ovšem nenastal. Původně bylo plánováno, že se uvede na trh jako prostředek na hubnutí, což se nestalo právě z důvodu nízkého komerčního zájmu. „*Na konci 30. let zvažovala americká firma Smith, Kline & French, že by uvedla tento prostředek na trh, ale kvůli nežádoucím vedlejším účinkům*

³ Jedná se o subkulturu mladých lidí (typicky dvacátníků a třicátníků), „kteří jsou bohatí nebo aspoň finančně zajištěni (mají nadprůměrně dobře placené zaměstnání, zpravidla v oblasti managementu), za svůj úspěch a bohatství se nestydí, a mají specifický životní styl.“ Na prvním místě v jejich životě je vydělávání peněz s cílem utratit je za luxusní zboží, které dávají všem na odiv. K jejich typickým vlastnostem patří narcismus, dravost a konzumerismus. V ČR tato skupina vznikla z politických důvodů relativně pozdě a to v 90. letech 20. stol. a počátkem 21. stol. Lze se setkat i s českým ekvivalentem „*jupíci*“ [39]

nakonec k tomuto rozhodnutí nedošlo.“ Další zmínky o droze jsou známy v roce 1960, kdy polští chemici S. Biniecki a E. Krajewski původní drogu vylepšili na MDMA, ale základní surovinou stále zůstal safrolový olej. Nový výrobní proces se objevil až na počátku 60. let, kdy americký vědec Alexandr Schuldig (z chemického koncernu Dow *Chemical Company*) získal látku MDMA syntetickou cestou na bázi látky piperonalu. Nejprve se MDMA používala na psychoterapeutických sezeních za účelem dosažení speciálních pocitů jinak pro běžné lidi nedosažitelných. MDMA nahradila látku MDA (v 1970 zakázána) a ta byla nástupcem původní LSD. Psychiatři byli na vážkách, zda publikovat výsledky výzkumů, protože se dalo předpokládat, že i tato nová látka bude brzy zakázána. Schuldig a Nichols se přesto odhodlali a v roce 1978 publikovali vědecký článek, v němž psali, že droga způsobuje *„lehké změny vědomí, které souvisejí s dosažením emocionálního a smyslového vrcholu. (...) Účinky MDMA jsou srovnatelné s účinky marihuany, s nízkou dávkou MDA nebo s účinky psylocibinových hub, ale bez jejich halucinogenních efektů.*“ [38]

Pokračovalo se dalšími výzkumy a prokázalo se, že *„MDMA má vliv na zmírnění pocitu strachu, způsobuje větší otevřenost při vyjadřování svých pocitů a navozuje všeobecný pocit blaženosti.*“ Vzrostl zájem o tuto drogu a v druhé pol. 70. let postavila skupina chemiků ilegální laboratoř v kalifornské *Marin Country* a hledal se vhodný název pro tuto látku. Uvažovalo se o *empathy* kvůli pozitivním vlastnostem této látky, nakonec vyhrál název *extáze*, čili XTC (zkráceně E, éčko). V té době se doporučovalo, aby se první dávka drogy podávala v soukromí kvůli její spirituální výjimečnosti (otevření srdeční čakry, stimulace pravé mozkové hemisféry). Studenti na Jižní metodistické univerzitě v americkém Dallasu ji využívali místo zakázaného alkoholu (v té době 1 dávka = 20\$). Droga se stala velmi populární i díky článkům v *Newsweek*, *Time* a *Life*. Ronald Siegel odhadoval, že v roce 1976 bylo prodáno 10 000 dávek a v roce 1985 neuvěřitelných 360 000 dávek. *„1. 7. 1985 byla extáze právně zakázána a obdržela stejný statut jako heroin, LSD a jiné omamné látky.*“ Hlavními důvody pro zákaz byla varování vědců, kteří poukazovali na podobnost vývoje situace s LSD, která se odehrála před 20 lety, výskyt prvních smrtelných případů spojených s užitím XTC a z důvodu obav, že se konzumace drogy vymkne kontrole. [38]

3.1.3 LSD

Jde o diethylamid kyseliny lysergové. Jedná se o mírně zásaditou krystalickou látku rozpustnou ve vodě nebo lihu. Na rozdíl od předchozích drog, které dokáží vyrobit dealeri v často primitivních laboratořích, výroba LSD už tak snadná není. Výroba je poměrně náročná

na syntézu, a právě proto se tedy předpokládá, že na jeho výrobě se podílí pouze zkušení organičtí chemici v plně vybavených laboratořích pouze na několika místech na světě. Účinek se dostavuje 30 až 60 minut po aplikování a trvá v rozmezí 6 až 12 hodin. [10]

Většinou se po tuto dobu dostavuje změna vnímání reality, vize, iluze, pseudohalucinace, odlišné a intenzivnější prociťování emocí a času. Často nastává také smyslová synestezie, tedy prolínání smyslů (např. pocit „vidění hudby“ apod.). Tomuto stavu se říká psycholytický. Při vyšších dávkách (300–500+ µg) nastává také dočasné, ale i úplné odpoutání uvědomění od těla a ega (potažmo jeho štěpení). Prožitky přitom mohou být jednoznačně pozitivní, ale i výrazně negativní. Často se uvádí zřetelné vnímání myšlenek, jež jsou potlačeny do podvědomí či nevědomí. Především toho se využívalo v psychoterapii. Spousta uživatelů tvrdí, že zážitek s LSD výrazným způsobem změnil jejich osobnost i vnímání světa. [11]

Původní základní surovinou pro výrobu LSD je rostlina zvaná námel (*Claiceps purpurea*). Jedná se o houbu, „*kteřá se usazuje v květu žitného klasu*.“ Je to cizopasník, který klasům zabraňuje, aby měly zdravé plody, a je prokázáno, že svého hostitele trvale oslabuje ve prospěch vlastního rozmnožování. [38]

„*Souvislost mezi námelem a „Antonínovým ohněm“⁴ byla prokázána teprve na konci 17. století (přesně v roce 1676), tedy 500 let po vyvrcholení epidemii otravy námelem.*“ Otrava námelem se projevuje svěděním a končetiny jsou postiženy „*ohnivou*“ bolestí, odtud plyne přirovnání s ohněm, a poruchami jejich prokrvení, které mohou vést až ke zčernání končetin vedoucí k jejich odumírání.⁵ „*Masivní pálení bylo doprovázeno záchvaty zuřivosti, nervovým třesem s epileptickými symptomy nebo deliriem s halucinacemi.*“ Tato forma sněťového ergotismu je často nazývána jako „*svatý oheň*“, „*horečka sv. Antonína*“ či „*Antonínův oheň*“. [38]

Od té doby se zpřísnila hygienická opatření zabraňující semletí námelu se zdravými žitnými zrny, aby se epidemie již neopakovala. „*Poslední epidemie ergotismu se přihodila v letech 1926-27 v oblastech jižního Ruska mezi Kazaní a Uralem.*“ Námel byl nadále analyzován. Příkladem je např. rok 1938, kdy Dr. Albert Hoffmann pracoval na lékařském

⁴ Ostatky sv. Antonína (251-356) byly přivezeny během křížových výprav zpět do Evropy a v Dauphiné byly pohřbeny. Shodou okolností právě zde v roce 1039 propukla epidemie „svatého ohně“. [38]

⁵ „*Dnes již víme, že toto gangrénovité onemocnění, při němž odumírá lidská tkáň, je způsobeno ergotinem, látkou obsaženou v námelu.*“ Jedná se o prudký jed, který způsobuje zužování jemných periferních cév. V současnosti se ale používá v porodnictví jako prostředek proti bolestem a v léčitelství k zastavení krvácení. [38]

uplatnění této látky. „*Přidal diethylamidovou skupinu ke kyselině lysergové.*“ 16. dubna 1943 objevil po čistě náhodném požití (olízl si konečky prstů s malým množstvím nové látky) a zažil psychedelické účinky LSD. Zážitek mu přišel natolik pozoruhodný, že o několik dní později (19. dubna 1943) se rozhodne požít minimální dávku LSD (0,25 mg), aby test prokázal, že předchozí zážitky způsobilo skutečně LSD. Dávku požil ve vodním roztoku vinanové soli a účinky popisuje ve svém deníku: závratě, úzkost, vizuální deformace, paralytické symptomy, touha se smát. [38]

Další experimenty po objevu LSD na sebe nenechaly dlouho čekat. Hofmannovi kolegové Stoll a Rothlin prováděli po dobu 4 let pokusy na dobrovolnících a jejich výsledky byly publikovány v roce 1974. Firma Sandoz uvedla LSD na trh, takže vědci z celého světa si mohli tuto drogu vyzkoušet a experimentovat s ní, což vedlo ke značnému nárůstu publikací a článků v odborných časopisech. V 50. letech 20. století se často experimentovalo s touto drogou v psychiatrii: „*LSD se používalo jako prostředek k vyvolání tzv. pokusné psychózy, která slibovala hlubší poznání schizofrenie a její psychoterapeutické léčby.*“ V roce 1961 experimentoval s drogou Timothy Leary, tehdy relativně neznámý docent psychologie z Harvardovy univerzity, který pravidelně drogu LSD užíval, spolu s mladším kolegou Richardem Alpertem učinili další pokusy ve spolupráci s jejich studenty. Tím položili základní kámen religiózního hnutí za LSD, které se světově šířilo a měnilo ve světové hnutí mládeže, „*ve kterém poprvé hrálo centrální roli užívání tzv. „vědomí“ měnících“ drog. LSD se stala prostředkem k dosažení vyššího stupně extatického vědomí a zároveň i svátostí.*“ [38]

Velice brzy se tato droga dostala na veřejnost a „*mnoho lidí se vydalo za hledáním pravdy, cesty a boha.*“ Firma Sandoz zastavila výrobu LSD a stáhla ji z trhu. Dne 15. července 1965 vyšel v platnost Zákon o omamných látkách v USA a dalších státech (např. Nizozemsko a Německo), který zakázal užívání této drogy. [38]

3.1.4 Kokain

Kokain je bílou krystalickou látkou, která se vyrábí z jihoamerického keře Koka. Slangově bývá označována jako *sníh, kokeš, pudr, kokos, koks, cukr*, atd.

Stejně tak jako pervitin se kokain řadí mezi stimulanty. Jeho hlavními účinky je celkové povzbuzení organismu. Zvyšuje se sebevědomí, zlepšuje se vidění, člověk má plno energie, což vzbuzuje euforické účinky.

V České republice je nejčastější způsob užívání tzv. *sniffing* (šňupání). Množství přijaté drogy je individuální, pohybuje se od desetin po několik gramů denně. Jednorázová dávka bývá cca 10 - 120 mg. Účinky kokainu trvají poměrně krátce, standardně již po cca 30 minutách začínají ustupovat. [12]

Lidské tělo kokain přijímá všemi sliznicemi, nejvíce časté je proto vdechování práškového kokainu trubičkou, tedy tzv. "*lajny*" či "*čáry*", popřípadě vtírání do jiných sliznic [dásně]. Při sexuálních hrátkách bývá někdy kokain aplikován na pohlavní orgány s cílem dosažení znecitlivujícího účinku. [13] V těle pak kokain zůstává několik dní. Z těla se vylučuje močí.

Historie této drogy je velmi zajímavá a sahá (známá pro Evropany) až do počátku 16. stol, kdy byla objevena Amerika. V psané podobě je první zmínka v dopise ze 7. září 1504, kdy evropští cestovatelé popisují zvláštní zvyk místních obyvatel, kteří žvýkají jakousi zelenou nať s občasným ponořením tyčky do zvláštního bílého prášku připomínajícího sádru, kterou si vkládali do úst. Prášek pocházel z rozdrcených mušlí (či jiného zdroje vápníku) a napomáhal ke snazšímu uvolňování kokainu z listů koky. Kresby nalezené v Ekvádoru představující lidi žvýkající listy dokládají, že historie tohoto zvyku sahá až do 3. tisíciletí př. Kr. Užívání bylo rozšířeno i „*podél peruánského pobřeží, kde byly také objeveny dobře zachovalé listy koky asi z roku 1300 př. Kr., a poté po celém jihoamerickém kontinentu.*“ Archeologické nálezy dokládají, že drogu užívali šamani a kněží při náboženských a léčitelských rituálech. Další zmínka je z říše Inků (1020-1533), kdy se pěstování dále rozšiřovalo a to dokládá i *mýtus o Manco Capaccovi*: „*Přinesl ubohým pozemšťanům světlo svého otce, učil je znát bohy, přinesl jim užitečné umění, daroval jim koku, onu „božskou rostlinu“, která sytí hladové, posiluje slabé a nechá zapomenout na neblahý úděl.* (Sigmund Freud, 1884)“ Další zlom nastal v roce 1533, kdy Pizarro se svými 180 konkvistadory dobyl říši Inků, koka se rozšířila mezi tamějším širším obyvatelstvem. V křesťanství se ale začalo na kokain pohlížet negativně z důvodu, že neslouží k nasycení, ale pouze zahání pocit hladu, tudíž se jedná o hřích (mámení ďábla). V roce 1551 došlo v Limě k jejímu zavržení. I když byla droga oficiálně zakázána, potlačit se jí nepodařilo, což dokazuje dopis z července 1579 od katolického duchovního Antonia de Zunida španělskému králi. Antonio v něm píše, že se mu nepodařilo pohany obrátit na křesťanství kvůli zvyku žvýkání koky. Nejprve bylo navrhováno radikální hromadné pálení plantáží, později se ale od těchto záměrů upustilo, jelikož koka byla výborným

stimulantem zotročených Indiánů, díky němuž podávali vynikající pracovní výsledky při práci ve zlatých a stříbrných dolech. [38]

Kokainový průmysl se rozvinul v 16. století, kdy byla koka v oběhu i v podobě bankovek a téměř 2000 Španělů si pomocí ní vydělávali na živobytí. Na konci 16. a počátku 17. stol. se plně akceptovalo žvýkání koky v oblasti And. Španělský jezuitský kněz Barnabe Cobo popisuje hojné léčebné účinky této rostliny při léčbě zlomenin, zanícených ran, infekcí, žaludečních problémech a zvracení. V 19. stol. při „*znovuobjevení*“ jižní Ameriky z důvodu nových obchodních příležitostí se obchodníci a vědci seznámili s touto rostlinou. Dodnes se hojně užívá mezi Indiány, počet „*conqueros*“ (indiánský výraz pro konzumenta koky) se odhaduje na více než 8 milionů (zpravidla mužů). „*Množství čistého kokainu, které chronický konzument koky denně přijímá, je odhadováno od 0,14g až do 0,5g.*“ [38]

Názory na dlouhodobé užívání koky a působení na Indiány jsou různé. Ashley např. říká, že koka vede ke snížení inteligence, nezájmu, snížené schopnosti učení, analfabetismu a k podvýživě. Naopak Brecher považuje účinky koky za srovnatelné s účinky spojené s konzumací kávy či čaje. [38]

Do Evropy se listy koky dostaly poprvé v roce 1569 a samotná rostlina až v roce 1749. V roce 1783 ji Jean Baptista Lamarck zařadil mezi čeleď rudodřevovité (odtud latinský název *erythroxylaceae*), český název kokainovník pravý. Široké veřejnosti a vědeckým kruhům se droga dostala do podvědomí až v 19. stol. (díky Alexandru von Humboldtovi a Eduardu Pöppigovi). Dalším důležitým mezníkem je rok 1860 (či rok dříve), kdy se Alfredu Niemannovi podařilo izolovat primární látku alkaloid *benzoylekgoninmetylester*. Další událostí ve stejné době bylo vydání rozsáhlé knihy o rostlině koka Paolem Mantegazzou. Pravý obchod s kokou propukl v 60. letech 19. stol. (především jih Evropy, ve střední a severní Evropě pouze jako lék). „*V roce 1863 bylo ve Francii uvedeno na trh víno s obsahem koky.*“ Brzy na to se po celé Evropě objevovala vína, šampaňské, pastilky či cigarety s obsahem koky. Další velkou událostí byl rok 1886, kdy Styth Pemberton uvedl na trh nápoj zvaný Coca-cola, „*nealkoholický sirup s obsahem kokainu.*“ Popularitu nápoj získal díky tomu, že v některých státech Ameriky došlo k zákazu alkoholu, takže nápoj se stal jeho alternativou. Zprvu byly v reklamních textech zmiňovány lékařské indikace, které o 2 roky později byly vyňaty z důvodu nebezpečných účinků kokainu. Zastánci hnutí zdrženlivých a bojovníků proti opilství vyvíjeli nátlak na výrobce Coca-Coly, který byl nucen nahradit kokain kofeinem. [38]

3.1.5 Heroin

Heroin neboli diacetylmorfin je polosyntetickým opioidem, derivátem alkaloidu morfinu, ze kterého se připravuje pomocí acetylace. Bílou krystalickou formu má především jeho sůl s kyselinou chlorovodíkovou, diacetylmorfin hydrochlorid. Patří mezi silně návykové drogy. Jeho trvalým užíváním dochází k poměrně velké toleranci v porovnání s jinými látkami, ačkoliv bylo zaznamenáno občasné užívání bez odvykacích příznaků. [14]

V České republice je ale k mání trochu odlišný heroin. Jde o směs opioidů (hydrokodon, dihydrokodeinon) vyrobených z kodeinu. Účinky se podobají spíše morfinu. [15]

Po užití heroinu nastává velmi rychlý a intenzivní účinek – aplikovatelný se dostává do fyzického útlumu, který je spjat s pocitem nepopsatelné blaženosti a klidu. Mizí bolest i starosti, mizí myšlenky, lidé, co si drogu aplikovali, popisují tento stav jako dosažení nirvány. Účinky setrvávají v těle v plné síle asi 4 - 6 hodin, u závislého se zhruba po 10 - 12 hodinách již však dostávají opačné příznaky – přichází abstinenci syndrom a tělo volá po dalším užití. Po aplikaci heroinu v těle dochází k útlumu centrální nervové soustavy. [16]

Heroin byl původně vytvořen za účelem utišení bolesti. Cílem ovšem bylo vyvinout takový lék, který by nevyvolával návyk. Roku 1898 „ve farmaceutické firmě Bayer v bavorském Elberfeldu vytvořil 37letý profesor Heinrich Dreser z Darmstadtu látku diacetylmorfin, kterou získal přidáním morfia do kyseliny octové, a poté provedl několik komplikovaných procedur čištění (mimo jiné např. pomocí éteru).“ Po krátkých experimentech, trvajících přibližně dva měsíce, popsal vlastnosti diacetylmorfinu: fyzická aktivita (oproti morfiu, která je spíše uspávací), zmírnění pocitu strachu, potlačení dráždivého kašle už při velmi malém množství (i u nemocných tuberkulózou), pozitivní dopad při odvykání drogově závislých na morfiu. Název „heroin“ byl odvozen z řeckého slova *heros* (hrdina) díky hrdinským vlastnostem, které se v té době látce přisuzovaly. Farmaceutická firma Bayer rozjela celosvětovou kampaň a o novém léku se posléze psalo ve všech větších novinách. V té době se psalo hlavně o dvou nových zázračných lécích: o aspirinu a heroinu. Zlom nastal v roce 1904, kdy Francouz Morel-Lavlée veřejně prohlásil, že heroin je velice návyková látka. „O rok později objevil, že se heroin v krvi rychle přeměňuje na morfin, přičemž se účinky morfinu zdvojnásobují – to byla skutečnost, kterou Dreser považoval hypoteticky za nemožnou, neboť chemické látky obou látek se značně lišily.“ [38]

To donutilo firmu Bayer ke stažení reklamy na heroin z novin roku 1912. V USA byl krátce nato heroin zapsán na listinu povinně předepisovaných léků sloužících výhradně k lékařským účelům. Úplný zákaz proběhl až v roce 1924, kdy hrozila epidemie návyku na heroinu. Trvalo ještě řadu let, než došlo k faktickému zániku běžného užívání této drogy v mnoha zemích. Důkazem toho je rok 1925, kdy se stále v Egyptě heroin používal jako částečná forma kompenzace týdenní výplaty zaměstnanců (ve formě tablet). Obchod s heroinem ovšem neustal a přesunul se do podsvětí, tzv. „heroinovou vlnu“ lze datovat do konce 60. let. 20. stol. „Heroin byl izolován z velmi čisté formy surového opia v tajných laboratořích tzv. „Zlatého trojúhelníku“ (hraniční oblast Barmy, Thajska, Laosu a Číny), v Pákistánu a Turecku.“ Odtud se dostává pašerákům, kteří drogu dále ředí (např. mléčným cukrem). Čistota často klesne na 20 – 60 % a cena se může zvýšit až na tisícinásobek původních nákladů. Nejvíce vzrostl počet závislých právě na začátku 60. let 20. stol., kdy se „heroin používal jako prostředek k zahnání strachu, zloby, starostí, (duševních) bolestí a depresí.“ [38]

3.1.6 Marihuana

Marihuana patří v České republice k nejrozšířenější a nejvíce používané nelegální droze. „Vyrobit“ si ji doma může prakticky kdokoliv. Česko navíc patří k zemím, kde se slangově řečeno „tráva“ nejvíce používá. Mezi nejčastější uživatele patří mladí lidé, ale není výjimkou, že ji užívají i ti dříve narození. Hlavním důvodem je nejen její snadné a levné získání, ale také účinky.

Marihuana je nejen konzervovaná léčivá látka, ale též psychotropní látka, kterou je možno získat usušením květenství samičích rostlin konopí s obsahem tetrahydrocannabinolu (THC) nad 0,3 %. Tato látka je v České republice legální pouze na lékařský předpis. [17]

Nejpodstatnější chemickou složkou, která zajímá pěstitele marihuany nejsou alkaloidy, jako u jiných rostlin, ale kanabinoidy. Konopí je produkuje jako jediná rostlina na světě. Množství a poměrné zastoupení kanabinoidů rozhoduje o tom, jaké bude mít marihuana vlastnosti z hlediska účinků. Syntéza kanabinoidů probíhá především v buňkách živičných (pryskyřičných) žláz, jejichž množství v rostlině kolísá podle kultivaru, pěstebních podmínek, pohlaví a umístění na rostlině. Kanabinoidů již bylo izolováno přes 100, mezi nejvýznamnější patří:

tetrahydrokanabinol, THC je hlavní psychoaktivní látkou. Marihuana připravená z kvalitního konopí může mít až 30 % THC v sušině. [18]

Účinky po trávě trvají cca 3 hodiny, příznakem u začínajících konzumentů je veselá nálada, nekoordinovaný smích, myšlenkový a slovní trysk. Dlouhodobější konzumenti jsou již více „v klidu“ a intoxikace se spíše projevuje v niternějších sférách. Mezi příznaky patří „chutě“, je „mlsnost“ a „žravost“. [19]

Účinky marihuany trvají poměrně dlouho, v lidském těle totiž zůstává i několik týdnů, čímž se dostává na vrchol ve srovnání se všemi ostatními drogami, kterým se bakalářská práce věnuje.

V močových a krevních testech můžeme „najít“ účinné THC poměrně dlouhou dobu, a to od 2 týdnů až po měsíc u dlouhodobých uživatelů. Není to dáno tím, že by člověk byl pod vlivem látky příliš dlouho. Jedná se o zdlouhavý proces vylučování látky z těla, neboť se ukládá v lidské tukové tkáni. [19]

Z historického hlediska lze považovat jako výchozí lokalitu vysočinu ve střední Asii, odkud se rostlina rozšířila do Číny. Datovat ji můžeme do roku 4000 př. Kr., kdy byla doložena přítomnost konopných vláken. V písemných zdrojích se s ní setkáváme přibližně v roce 2737 př. Kr., kdy ji čínský císař Šen-nung doporučoval jako téměř univerzální lék na všechno. „*Ve staroindickém spisu Atharva-Véda (20. -14. stol. př. Kr.) se označuje tato rostlina jako „pramen štěstí, radosti a smíchu“.*“ Konopí bylo také rozšířeno do Persie a Mezopotámie v roce 1500 př. Kr. zásluhou kočovného kmene Skythů. Do Indie se zase dostalo díky Peršanům. Důležitým mezníkem byl rok 1894, kdy Indická drogová komise publikovala výzkumný projekt, který dokazoval, že konzumace konopí může s sebou nést i možné škodlivé účinky. Do Ameriky se podle historiků dostalo konopí díky africkým otrokům. V roce 1545 se odrůdy konopí objevily v Chile a v roce 1554 v Peru. „*V r. 1611 začali Angličané v blízkosti Jamestownu (dnešní USA) s pěstováním konopí pro potřeby lod'ařství (tedy k výrobě plachtoviny a lan).*“ O užívání konopí jako drogy hovoří prameny z 19. stol. Lewis Carrol, John Stuart Mill a William James začali experimentovat s marihuanou a hašišem. Užívání bylo omezeno jen na velmi malou skupinu do první čtvrtiny 20. století, s příchodem námezdníků z Mexika začalo šíření této drogy na jih USA. Dalším faktem „*pro*“ byla cena, marihuana byla v té době levnější než alkohol. Šíření napomohl zákaz alkoholu (1920). Centrem se stalo město New Orleans, vrcholem byl rok 1926. Díky námořníkům se droga šířila po řece Mississippi na sever USA. V roce 1921 byla

2019

konzumována v New Yorku a v roce 1930 byla již rozšířena po celé USA. Zásadní roli hrála černošská ghetta velkých měst a jazz. Stopka nastala v roce 1937, kdy vznikl daňový zákon o marihuaně (roli sehrála legalizace alkoholu v roce 1933). Daň ze zisku marihuany byla extrémně vysoká: 100\$ za 1 unci (28 g). Pokuta za nezaplacení daně činila až do výše 2000\$ s 5letým trestem odnětí svobody. [38]

3.2 Doba detekce drogy v těle

Doba, po kterou droga v těle zůstává, je různá. Nejběžnější typ testů zkoumajících přítomnost drog v těle hledá metabolity drog v krvi, moči a ve vlasech. Co se týče vlasů, mohou být kontaminovány stopami drogy tím, jak se prokrvuje vlasový váček. [7]

Jakmile se droga dostane do našeho krevního oběhu (k tomu dojde skrz plíce, zažívací trakt nebo dokonce i injekční stříkačku), zbavíme se jí jediné vylučováním. Záleží na tom, jakou drogu jsme užili – některé námi proniknou relativně rychle a odejdou výkaly. Většina těch zbývajících se z těla dostane močí nebo potem. Než se tak stane, musí však dojít k přeměně drog na molekuly rozpustné ve vodě, metabolity. [7]

Většinou se tak děje v játrech. Poté jsou ledvinami přefiltrovány a vyloučeny v podobě moči. Tento proces trvá určitou dobu, přesto však umožňuje odhalit metabolity drog v moči a krvi jejich uživatelů. Po celou tuto dobu, tedy v řádech několika dnů, v případě marihuany i několika týdnů, se do splaškové kanalizace dostávají metabolity nelegálních drog.

Rychlost vylučování drog z těla je ale různá a závisí na mnoha faktorech. Důvod je i ten, že před vyloučením z těla musí dojít k přeměně na metabolity. Například u LSD je vylučování rychlý proces, neboť je ve valné většině užíváno jen v malých dávkách.

Následující přehled ukazuje, jak dlouho se různé nelegální drogy dají v lidském těle indikovat, respektive jak dlouho je člověk posílá do kanalizačního řadu, potažmo do čistírny odpadních vod.

Metamfetamin: v moči 3 – 6 dní; ve vlasech 90 dní; v krvi až 3 dny

Extáze: v moči 3 – 7 dní; ve vlasech 90 dní; v krvi 1 – 2 dny

LSD: v moči až 3 dny; ve vlasech 90 dní; v krvi 1 – 2 dny

Kokain: v moči 3 – 4 dny; ve vlasech 90 dní; v krvi 1 – 2 dny

Heroin: v moči 3 – 4 dny; ve vlasech 90 dní; v krvi méně než 5 hodin

Marihuana: v moči 7 – 30 dní; ve vlasech 90 dní; v krvi 14 dní

Jde ale jen o orientační doby, neboť u každého člověka je to různé. Velkou roli při vylučování drog z těla hraje rychlost metabolismu. Je to stejné jako s tukem, lidé s rychlým spalováním se ho zbaví rychleji, než ti, kteří mají spalování pomalejší.

Metabolismus se se stárnutím zpomaluje, proto tedy starším lidem trvá o něco déle, než se jejich tělo zbaví drog. Dopad na rychlost vyloučení drogy má však i životní styl – lidé v dobré fyzické kondici mají rychlejší metabolismus. Mnoho lidí si také myslí, že vypitím litrů vody lze drogy z těla „*vypláchnout*“, protože jejich vyloučení závisí na tom, jak rychle budou metabolity rozpuštěny. To by teoreticky fungovat mohlo, avšak většina dostupných technik testujících přítomnost drog v těle by přizpůsobila své výsledky v závislosti na tom, jak je krev hydratovaná. [7]

4 METABOLISMUS DROG

4.1 Co jsou to metabolity

Jako první je potřeba si definovat, co to metabolit vlastně je. Jedná se o produkt látkové přeměny metabolismu nějaké látky. S tímto označením se můžeme setkat u produktů, jež se nedají v daném systému dále využít a jsou poté vyloučeny prostřednictvím moči nebo žluče do střeva. Některé metabolity léků již nejsou aktivní, zatímco jiné ještě mohou být účinné. [20]

Metabolity drog se proto dělí na dvě skupiny:

a) aktivní metabolit. Jde o metabolit, který přímo ovlivňuje uživatele drog. Například ovlivňuje jeho vnímání, chování, rozhodování, postřeh atd., respektive „ovládá“ celou jeho nervovou soustavu.

b) neaktivní metabolit. Z aktivního metabolitu se po určité době stává metabolit neaktivní, což znamená, že při laboratorních testech se dá spolehlivě říct, že dotyčný drogu pozřel. Ovšem jak už z názvu vyplývá, takovýto metabolit v těle nikterak na centrální nervovou soustavu uživatele drog nepůsobí.

Rozlišování aktivních a neaktivních metabolitů je důležité například při zjištění řidiče pod vlivem drog. Zatímco běžné orientační testy, které provádí policisté při silničních kontrolách, nedokáží určit, zda v těle řidiče kolují aktivní či neaktivní metabolity zjištěné drogy., tak ve specializovaných laboratořích to je možné zjistit.

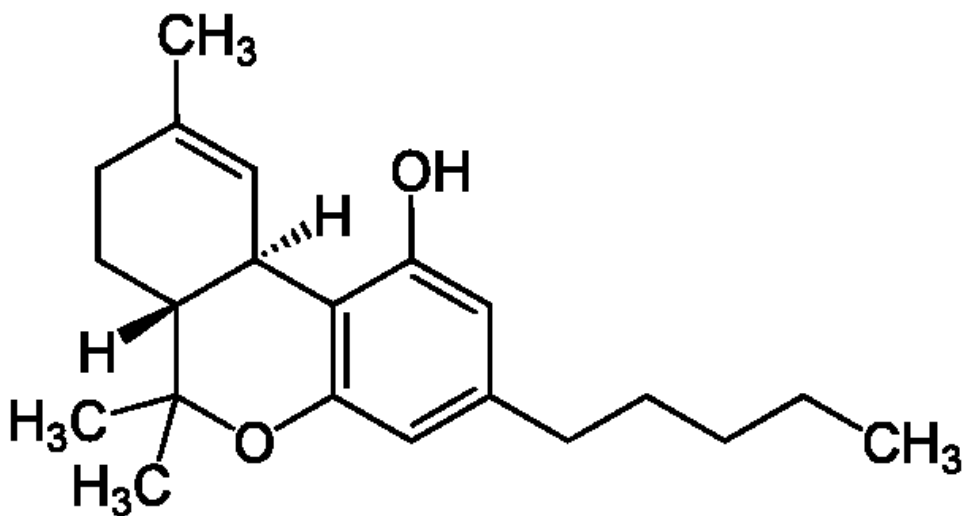
Zda je metabolit drog aktivní či neaktivní, je důležité také v odpadních vodách, které se dostávají na vyčištění do čistírny odpadních vod, respektive po vyčištění do vodních toků. Právě tam totiž mohou ovlivňovat ekosystém, jak už bylo zmíněno v úvodu bakalářské práce.

4.2 Metabolity u vybraných drog

4.2.1 Marihuana

Jak už bylo řečeno, mezi nejrozšířenější nelegální drogy v České republice patří marihuana, která se vyrábí z rostliny konopí obsahující THC neboli Tetrahydrocannabinol.

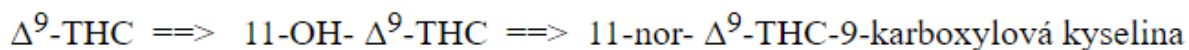
Na obrázku 2 si můžeme prohlédnout i strukturální vzorec.



Obrázek 2: Strukturální vzorec Tetrahydrocannabinolu

(Zdroj: Hawkins, 2017)

Hlavní psychoaktivní látkou této skupiny je Δ^9 -tetrahydrokanabinol, který navozuje pocit euforie, uvolnění a relaxace, ale také vyvolává časovou dezintegraci, ovlivňuje reakční čas, vybavování si z trvalé paměti atd. Tento efekt nastupuje již několik minut po vykouření cigarety s marihuanou. Maximálního účinku se dosahuje za 15-30 minut a přetrvává po dobu 2-4 hodin. Po inhalaci se kouř rychle absorbuje v plicích a v krvi je možné zachytit několika minutový peak THC. Potom dochází k rychlému poklesu koncentrace THC v krvi v důsledku distribuce THC do mozku, tukových a svalových tkání. V další fázi dochází k pomalé redistribuci THC do krve a metabolizaci v játrech: [21]



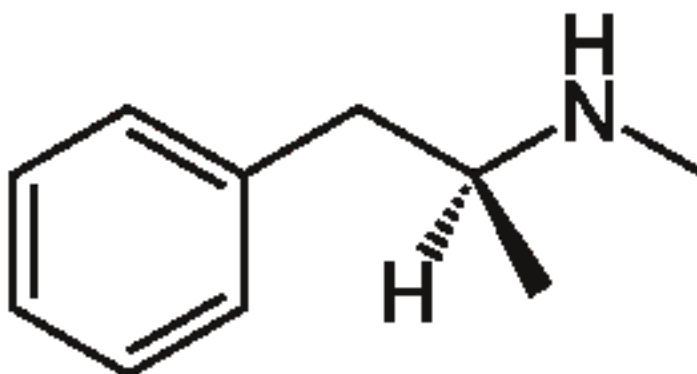
Tento hlavní metabolit vylučovaný močí a stolicí (11-nor- Δ^9 -THC-9-karboxylová kyselina) již nemá psychoaktivní účinky. Biologický poločas eliminace THC je od cca 1 dne u příležitostných kuřáků, až po 3 - 5 dnů u chronických uživatelů. U zvláště těžkých kuřáků je možné detekovat metabolity THC i měsíc po poslední aplikaci. Přírodní kanabinoidy a jejich

metabolity jsou rozpustné v tucích a proto jsou v lidském organismu kumulovány v tukových tkáních ještě dlouho po expozici. [21]

Aktivní metabolity THC (tetrahydrocannabinol) by měly z krve zmizet do 12 hodin po konzumaci. Za cca 6 - 12 h po požití se mění v takzvané neaktivní metabolity, které již schopnost řídit neovlivňují, nicméně stopy po THC se v těle dají najít až šest týdnů. To, že v těle omamné látky zůstávají, nemusí znamenat, že přímo ovlivňují schopnost člověka řídit. Schopnost řídit auto by měla být plně pod kontrolou nejpozději 18 hodin po požití. Pokud policie zjistí řidiči ve slinách přítomnost THC, následuje vyšetření krve v akreditované laboratoři, kde dovedou rozlišit aktivní a neaktivní metabolity. [21]

4.2.2 Metamfetamin

Další používanou drogou, s níž se v České republice často setkáváme, je metamfetamin neboli pervitin. Jeho strukturální vzorec je následující:



Obrázek 3: Strukturální vzorec metamfetaminu

(Zdroj: Derksen, 2007)

Podstatná část aplikovaného metamfetaminu se vylučuje močí v nezměněné formě (cca 45 % během 24 h po aplikaci). Vylučování je silně závislé na hodnotě pH. V kyselé moči se v nezměněné formě vyloučí až 76%, zatímco v alkalické moči jsou to jen cca 2% aplikované dávky. [23]

Močí se vylučují také metabolity metamfetaminu: Zhruba 15% dávky se v játrech metabolizuje hydroxylací na hydroxymetamfetamin. Přibližně 7% dávky se N-demethylací

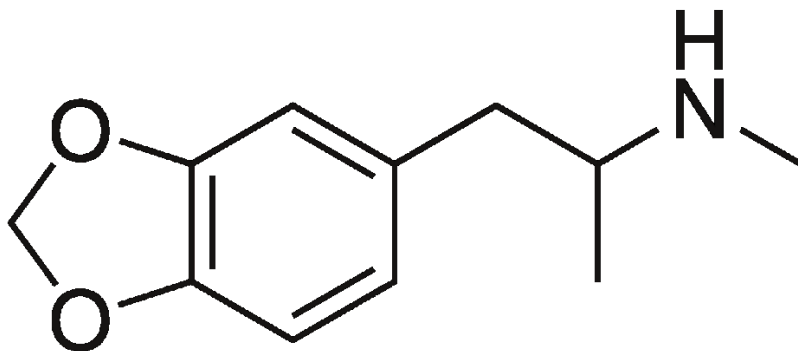
metabolizuje na amfetamin, ze kterého dále vznikají hydroxyamfetamin (2 - 4 %) a norefedrin (2 %) (z kterých vzniká hydroxynorefedrin (0,3 %)) a konečně fenylaceton (0,9 %) metabolizovaný dále na kyselinu benzoovou, resp. kyselinu hippurovou. [23]

Jeden z metabolitů, tj. amfetamin, je aktivní, ale má slabší účinky než metamfetamin.

4.2.3 Extáze

Po užití extáze se látka vstřebává sliznicí a dostává se do krve, kde je přenášena do celého organismu. Účinky nastupují cca po 1 hodině. Eliminační poločas je 6 hodin. Po průchodu játry vzniká metabolit MDA a obě látky jsou vylučovány ledvinami.

Nejdůležitější enzym podílející se na metabolizaci MDMA u lidí je CYP2D6 (“debrisoquine hydroxylasis”), je polymorfní a je součástí cytochromu P450. V bílé populaci se vyskytuje 5 – 9 % jedinců s vrozeně nefunkčním enzymem CYP2D6 v důsledku autosomálně recesivní genetické vlohy pro tento enzym. Tito jedinci (“poor metabolisers”) mohou mít zvýšené riziko akutní MDMA toxicity díky sníženému metabolismu této drogy. [24]

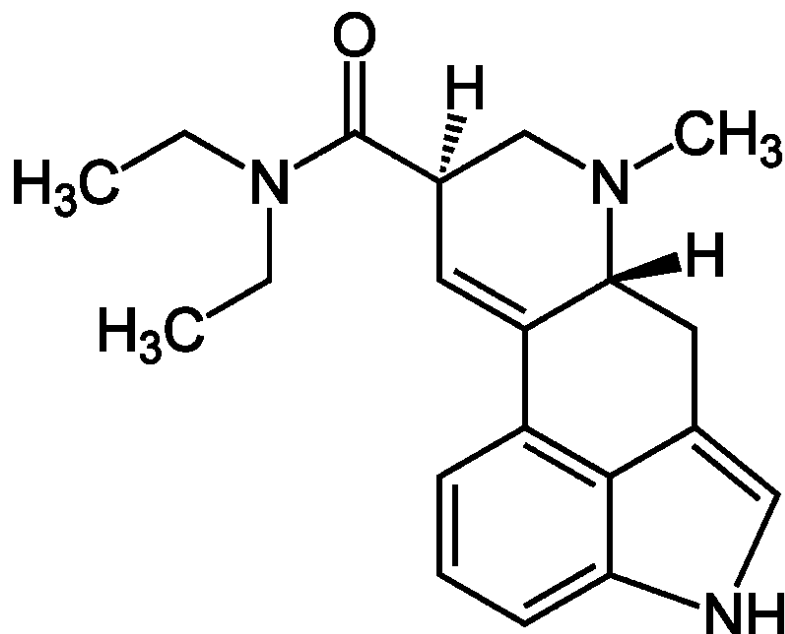


Obrázek 4: Strukturální vzorec MDMA

(Zdroj: Harbin, 2008)

4.2.4 LSD

Po marihuaně je druhou nejdostupnější drogou v České republice, a proto i LSD je u českých drogově závislých lidí velmi vyhledávané. [25]



Obrázek 5: Strukturální vzorec LSD

(Zdroj: Jü, 2010)

LSD je rychle a ve velké míře metabolizováno. Metabolity jsou často získány při N-dealkylaci nebo oxidačních procesech a obvykle si zachovávají velkou část ze struktury původní sloučeniny. [25]

Po užití LSD dochází v krátké době k metabolizování v játrech a menším případě, konkrétně méně než 1 % drogy, dochází k vylučování močí v nezměněném stavu. Koncentrace v krvi je velmi nízká.

U lidí je LSD rychle metabolizováno do strukturně podobných metabolitů, které byly prvně detekovány v moči pomocí infračervené spektroskopie. V lidské moči je tak možné najít následující metabolity:

- nor-LSD,
- ethylamid kyseliny lysergové (LAE),

- 2-oxo-LSD (iso-LSD), 2-oxy-3-hydroxy-LSD,
- 13- a 14-hydroxy LSD (jako glukuronidy),
- ethyl-2-hydroxyethylamid kyseliny lysergové (LEO).

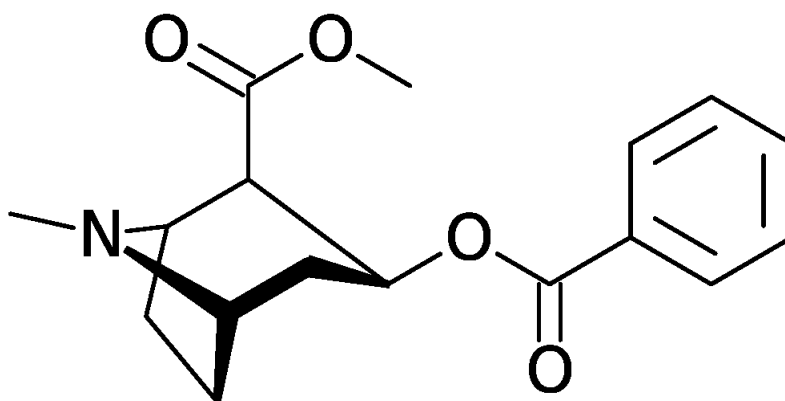
LSD mohou být detekovány v moči po 96 hodinách po požití, zatímco LSD může být detekováno pouze 12 - 24 hodin po požití. [26]

4.2.5 Kokain

Metabolismus kokainu je závislý na velikosti užití dávky. Hlavními metabolity kokainu jsou:

- ekgonin methyl ester
- benzoylekgonin

Vznikají enzymatickou hydrolýzou působením jaterních esteráz a sérové pseudocholinesterázy. V játrech vzniká také metabolit norkokain. V přítomnosti etanolu se kokain metabolizuje transesterifikací na kokaethylen (benzoylekgonin ethyl ester). Malé dávky kokainu se vylučují močí, především jako metabolity (jen cca 10 % dávky se vylučuje jako původní látka). [27]



Obrázek 6: Strukturální vzorec kokainu

(Zdroj: Ayacop, 2006)

Aktivní metabolity:

Hlavní metabolity, tj. ekgonin methyl ester a benzoylekgonin jsou inaktivní. V přítomnosti etanolu se kokain metabolizuje na kokaethylen (benzoylekgonin ethyl ester), který má stejné účinky jako kokain. Vzniklý kokaethylen potencuje účinek kokainu na CNS, játra i kardiotoxické účinky. Může pak snáze dojít až k úmrtí, zvláště když je současně nějaký kardio problém. K závažným komplikacím dochází i při kombinacích kokainu s opioidy nebo barbituráty. [27]

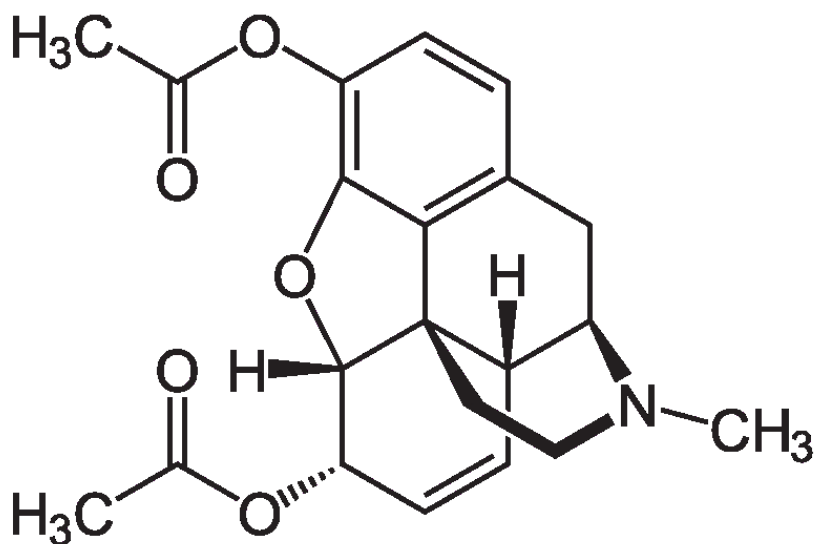
4.2.6 Heroin

U heroinu známe hned tři z jeho metabolitů: [28]

- **6-Monoacetylmorfin (6-MAM, 6-acetylmorfin nebo 6-AM):** Jakmile projde metabolismem prvního průchodu, 6-MAM se pak metabolizuje na morfin nebo se vylučuje močí.
- **morfin:** Heroin se rychle metabolizuje enzymy esterázy v mozku a má velmi krátký poločas. Má také poměrně slabou afinitu k μ -opioidním receptorům, protože 3-hydroxyskupina, nezbytná pro účinnou vazbu k receptoru, je maskována acetyl skupinou. Proto heroin působí jako prekurzor, který slouží jako lipofilní transportér pro systémové podávání morfinu, který se aktivně váže s μ -opioidními receptory.
- **3-monoacetylmorfin (3-MAM):** 6-MAM již má volnou 3-hydroxyskupinu a sdílí vysokou lipofilnost heroinu, takže proniká do mozku stejně rychle a nemusí být deacetylován v poloze 6, aby byl bioaktivován; to dělá 6-MAM poněkud silnější než heroin.

Vzhledem k tomu, že 6-MAM je metabolismus charakteristický pro heroin, jeho přítomnost v moči potvrzuje užívání heroinu. Stopové množství 6-MAM se vylučuje přibližně 6-8 hodin po použití heroinu, takže vzorek moči musí být odebrán brzy po jeho posledním použití. Morfium je kromě heroinu také metabolitem kodeinu. Protože kodein je metabolizován na morfin, obě látky se mohou objevit v moči po požití kodeinu. Koncentrace kodeinu je však obecně vyšší než koncentrace morfinu. V případech nízkých koncentrací

morfinu a kodeinu v moči není možné určit, zda byl požíván kodein nebo heroin. Maková semena, která nebyla účinně promyta, obsahují stopová množství kodeinu a morfinu. Při konzumaci v dostatečném množství mohou maková semena produkovat moč, která je pozitivní na opiáty. [29]



Obrázek 7: Strukturální vzorec heroinu

(Zdroj: Crow, 2017)

5 VLIV METABOLITŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

5.1 Čištění odpadních vod

Čištění odpadních vod je proces, při kterém dochází k chemickým i fyzikálním změnám odpadních vod přitékajících na čistírnu odpadních vod s cílem uvést je do takového stavu, který se co nejvíce podobá vodám v tocích, kam je vyčištěná odpadní voda následně vypouštěna.

I přes poměrně složitý proces čištění odpadních vod, při kterém jsou ze splaškové vody odstraněny nežádoucí látky, se to ne vždy podaří a voda opouštějící čistírnu odpadních vod i po vyčištění obsahuje nežádoucí látky. V našem případě jde o metabolity nelegálních drog. Jak se totiž ukazuje, odstranit je z vody úplně zatím nedokážeme.

Hovoří o tom například studie, provedená na čistírnách odpadních vod v 10 městech České republiky, a to v rámci projektu Stanovení nezákonných drog a jejich metabolitů v komunálních odpadních vodách – nový nástroj pro doplnění údajů o spotřebě drog v České republice se zkráceným názvem DRAGON. [5]

Modelovými aglomeracemi se staly Praha, Brno, Ostrava, Plzeň a Ústí nad Labem. Dalšími sledovanými městy jsou Karviná, Český Těšín, Havířov, Orlová a Frýdek-Místek. Při tomto projektu se jasně ukázalo, že do čistíren odpadních vod přitékají splašky plné metabolitů nelegálních drog, a co hůř, všechny tyto drogy pak i čistírnu odpadních vod opouštějí.

Příklady odstranění vybraných nelegálních drog v čistírnách odpadních vod v rámci projektu uvádí tabulka 5: [5]

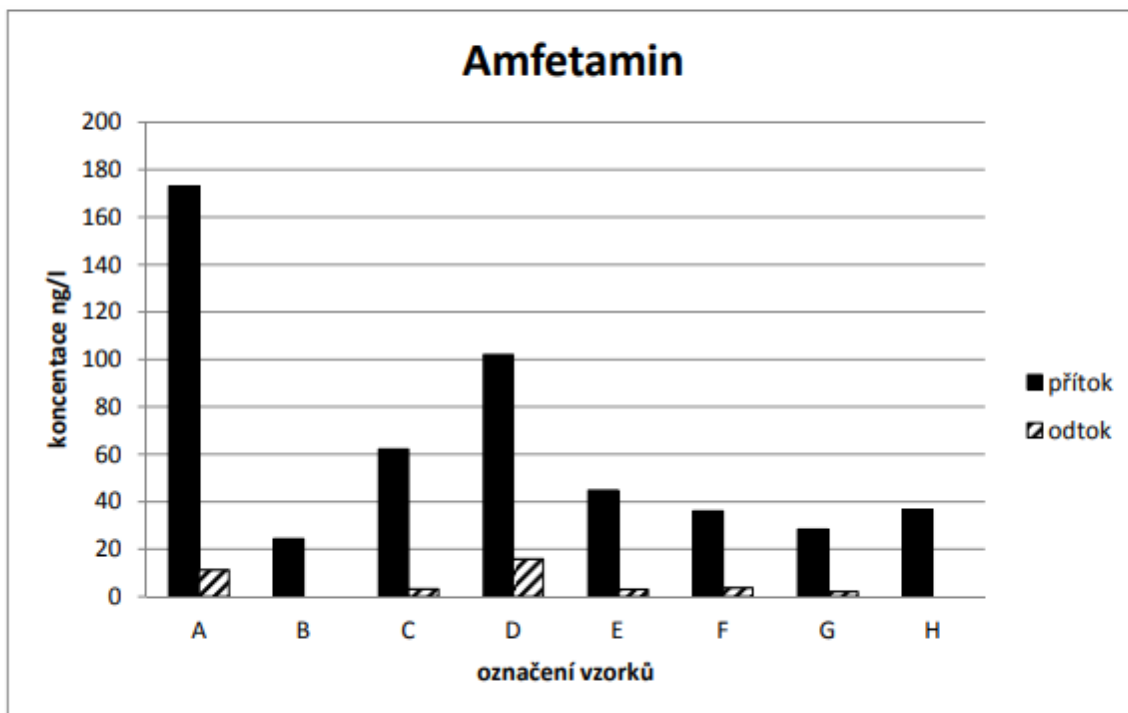
Tabulka 5: Hodnoty u vybraných drog při přítoku a odtoku v čistírnách odpadních vod

	Metamfetamin			Amfetamin			Extáze		
	přítok (ng/l)	odtok (ng/l)	zbytkový obsah (%)	přítok (ng/l)	odtok (ng/l)	zbytkový obsah (%)	přítok (ng/l)	odtok (ng/l)	zbytkový obsah (%)
A	4070	392	10	173	11,3	7	17	3,9	23
B	1410	319	23	24,4	0	0	4,04	2,33	58
C	1030	449	44	62,2	3,23	5	2,99	1,08	36
D	1120	193	17	102	15,9	16	61,9	16,8	27
E	484	148	31	44,8	3,12	7	7,98	8,72	109
F	232	202	87	36	3,72	10	10,7	18,1	169
G	250	139	56	28,4	2,12	7	4,36	3,62	83
H	276	151	55	36,6	0	0	7,86	4,74	60

(Zdroj: Očenášková, 2015)

Z tabulky je patrné, že stávající technologie čištění v ČOV, jež nám umožnila sledovat koncentraci drog jak na nátok, tak na výtok z čistírny, odstraňuje tyto látky jen částečně, a že výsledky se liší i pro jednotlivé sledované látky. Nejlépe ze zde uvedených látek je odstraněn amfetamin (84 – 100 %), metamfetamin je odstraněn v průměru ze 40 % a extáze (při vyloučení vzorků E a F) z přibližně 50 %, podobně jako hlavní metabolit kokainu benzoylekgonin. [5]

Jaké množství metabolitů drog do čistíren odpadních vod přiteklo a jaké naopak čistírnu opouští, dokonale ukazuje následující grafické zpracování (obrázek 8).



Obrázek 8: Amfetamin – přítok a odtok

(Zdroj: Očenášková, 2015)

Z výsledků analýz vzorků odebraných pro projekt zatím lze vyvodit, že nezákonné drogy se našly ve všech analyzovaných vzorcích odpadních vod (odebráno a zanalyzováno bylo skoro 1 000 vzorků). Nejvyšší koncentrace byly nalezeny u metamfetaminu (až více než 10 000 ng/l), nálezy amfetaminu se pohybovaly od 2 ng/l do 1500 ng/l, extáze se našla v koncentracích od 0,1 do 534 ng/l. Nálezy benzoylekgoninu, hlavního metabolitu kokainu, ze kterého se vychází při zpětné kalkulaci spotřeby drog, jsou v rozmezí 0 až 850 ng/l. [5]

5.2 Vliv na životní prostředí

Nelegální drogy v odpadních vodách ohrožují životní prostředí víc, než se ještě před několika lety zdálo. Jak uvádí Ministerstvo vnitra ČR: „*Se stále rostoucí kontaminací odpadních vod se zhoršuje i funkce jejich čistíren*“. Konkrétní důsledky znečištění na životní prostředí se ale ještě stále mapují.

O možném rozsahu problému svědčí i množství tuzemských varen. „*Konstantně se pohybujeme okolo 260 odhalených laboratoří ročně. Optimistickým odhadem je to čtvrtina nebo pětina celkového počtu. Zhruba 3 % z těch odhalených, a to číslo má konstantně růst,*“

jsou laboratoře velkých produkcí, které za jeden výrobní cyklus produkuje více než 10 kilogramů drog. Na jeden kilogram drogy se vylévá 12 litrů vysoce toxických látek. Těch je v řádech desítek litrů až hektolitr na jeden cyklus a s tím si čistírna neporadí," upozorňuje šéf Národní protidrogové centrály Jakub Frydrych. Jde především o fosfor, jod, rozpouštědla a různé kyseliny. Velké laboratoře jsou schopné zvládnout i tři výrobní cykly za týden. [30]

Prakticky všechny varny drog využívají pro likvidaci zbylých chemikálií, případně nekvalitně vyrobených drog, splaškovou kanalizaci. A jak už bylo několikrát v bakalářské práci řečeno, čistírny odpadních vod nedokáží tyto látky úplně vyčistit. A právě to už zaznamenali i čeští rybáři.

Odborníci z Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích se totiž zaměřili na vliv drog na chování ryb ve vodních tocích, do kterých je vypouštěna vyčištěná voda. [30]

Skupina jedinců pstruha obecného, kteří žijí v kontrolní lokalitě nad městem Prachatice byla odchycena, označena a posléze přesazena do lokality, jež byla ovlivněna výtokem z čistírny. Poté byl v daných časových odstupech nutný počet ryb podroben vzorkování a analyzování. [32]

Jejich zkoumání má jasný závěr: Ryby se méně bojí, což může vést k tomu, že se včas neukryjí před predátory. Vědci zkoumali populaci pstruha obecného v potoce na Prachaticku. V organismech pstruhů žijících v blízkosti vyústění čistíren se podle jihočeských vědců nachází až jedenáct psychoaktivních látek. [31]

„Vodní organismy, které žijí v tocích, do nichž ústí čistírny, jsou psychoaktivním látkám vystaveny celý život a koncentrace těchto látek v jejich těle může ovlivňovat jejich metabolismus i chování,“ uvedla Kateřina Grabicová z Laboratoře environmentální chemie a biochemie fakulty rybářství a ochrany vod. [31]

Podobný průzkum prováděli také ichtyologové v zahraničí, a jejich závěry se shodují s těmi českými. Nejvyšší koncentrace psychoaktivních látek se objevila v játrech a ledvinách pstruha. To ovlivnilo jeho chování. [30]

6 ZÁVĚR

Metabolity v odpadních vodách představují velké problémy, se kterými si v současné době neumíme příliš dobře poradit. Spotřeba nelegálních drog je v České republice stále velká a rozhodně se v následujících letech nesníží. I když se čištění odpadních vod stále zdokonaluje, s metabolity nelegálních drog si žádná čistírna nedokáže poradit natolik, aby do vodních toků odcházela voda bez jejich příměsí.

Jak bylo v bakalářské práci uvedeno, metabolity drog zůstávají v lidském těle i několik dní, a po celou tuto dobu jsou vylučovány močí. Do kanalizačního řadu tak tyto metabolity proudí v obrovském množství.

Hlavním směrem, kterým bychom se v tuto chvíli měli ubírat, je další modernizování čistících procesů na čistírnách odpadních vod. Bez toho se totiž zbytková množství nelegálních drog budou i nadále dostávat zpět do koloběhu života. V první řadě do vodních toků, dále pak do těl vodních živočichů, a následně zpět do člověka. Důležité je si také uvědomit, že některé z vodních toků, do kterých vyčištěná voda teče, slouží jako zásobárna vody po úpravě pro pitné účely.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] 254/2001 Sb. *Vodní zákon* [online]. Aktual. [2019-01-01]. Cit. [2019-02-23]. © AION CS, s.r.o. 2010-2019 | Pracuje na systému AToM3. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254/zneni-20190101?porovmin=1&porov=20180616>
- [2] Ing. T. VÍTĚZ, Ph.D. a prof. Ing. B. GRODA, CSc.;2008; Čištění a čistírny odpadních vod., 96s.
- [3] DAUGHTON, C. D. a T. A. TERNES. Pharmaceutical and personal care products in the environment: Agent of subtle Change? *Environ. Health perspect.* 1999, č. 107, s. 907-938.
- [4] DAUGHTON, C. G. *Illicit drugs: contaminants in the environment and utility in forensic epidemiology*. Rev. Environ. contam. toxicology. 2001, č. 210. s. 59-110.
- [5] OČENÁŠKOVÁ, Věra a kol. NEZÁKONNÉ DROGY V ODPADNÍCH VODÁCH. In Sborník konference *Pitná voda*. České Budějovice : W&ET Team, 2014. s. 217-222. ISBN 978-80-905238-1-4. Dostupné z: <http://www.wet-team.cz/files/konference/2014/Sbornik%20PV2014/Pitna%20voda%202014-46-O%C4%8Den%C3%A1%C5%A1kov%C3%A1.pdf>
- [6] OČENÁŠKOVÁ, Věra a kol. *Stanovení množství nelegálních drog a jejich metabolitů v komunálních odpadních vodách –nový nástroj pro doplnění údajů o spotřebě drog v České republice*. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2015. 28 s.
- [7] STOČKOVÁ, Petra. *Drogy- jak dlouho zůstávají v našem těle?* [online]. Cit. [2018-01-08]. © 2009 Symedis pro, s.r.o. Dostupné z: <http://www.upsychiatra.cz/drogy-jak-dlouho-zustavaji-v-nasem-tele/>
- [8] Drogy.cz. *Co je pervitin?* [online]. Cit. [2019-02-24]. © 2009 Řekni ne drogám – řekni ano životu. Dostupné z: <http://www.drogy.cz/pervitin/kap-co-je-pervitin.html>
- [9] BIGELOW, Barbara C.; EDGAR, Kathleen J. *The UXL Encyclopedia of Drugs & Addictive Substances*. [s. l.]: Thomson-Gale, 2006. ISBN 1-4144-0444-1.
- [10] SAUNDERS, Nicholas. *Extáze a techno scéna*. Brno : Jota, 1996. 314 s. ISBN 80-85617-93-5. VONDRÁČEK, Vladimír. *Klinická toxikologie*. Praha : SZdN, 1958 (SČT, z.z.). 690, [1] s.
- [11] TŘEŠŇÁK, Petr. KOVALÍK, Jan: *LSD – dobrá droga žije*. Časopis Respekt 4/2006.

- [12] Kokain. [online]. Cit. [2018-06-18]. © 2009 extc.cz. Dostupné z: <https://www.extc.cz/kokain.html>
- [13] Infodrogy. *Kokain*. [online]. Cit. [2018-06-18]. © 2018 eStránky.cz. Dostupné z: <http://www.infodrogy.estranky.cz/clanky/kokain.html>
- [14] Lexdata. *Heroin*. [online]. Cit. [2018-06-18]. © 2007. Dostupné z: <http://www.lexdata.cz/web/lexdata.nsf/frameset?openpage&sb=C1256D49002E7CB2C12566D4007224B9>
- [15] POPOV P. Problematika návykových látek v České republice. *Remedia* 4:217-220,1995
- [16] Informační portál o drogách a návykových látkách. *Heroin*. [online]. Cit. [2018-06-19]. © 2018 Copyright Dostupné z: <http://navykovelatky.cz/tlumive-drogy/heroin/>
- [17] Spanish Word Histories and Mysteries: English Words That Come From Spanish. [s.l.]: Editors of the American Heritage Dictionaries, 2007. ISBN 0-618-91054-9. S. 142-143.
- [18] Analytical360. [online]. Cit. [2018-06-26]. © 2018 Copyright Dostupné z: <http://analytical360.com/testresults>
- [19] Informační portál o drogách a návykových látkách. *Marihuana*. [online]. Cit. [2018-01-18]. © 2018 Copyright Dostupné z: <http://navykovelatky.cz/halucinogenni-latky/marihuana/>
- [20] Velký lékařský slovník. *Metabolit*. [online]. Cit. [2018-07-13]. © 2019 Copyright Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/metabolit>
- [21] Moffat, A.C.: Clarke Isolation and Identification of Drugs, Second Edition. The Pharmaceutical Press, London, 1986.
- [22] ŠPLÍCHALOVÁ A; Problematika drog v pracovně- lékařské péči. Ostrava. Zdravotnický ústav se sídlem v Ostravě. Cit. [2018-09-16]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/cpl/Materily_ze_seminaru/Materialy_2009/splichalova-16.4..pdf
- [23] Allen, AC., Kiser, WO: Metamphetamine from ephedrine. *J. Forensic Sci* 1987, 32, 953-962.
- [24] Green AR, Cross AJ, Goodwin GM. Review of the pharmacology and clinical pharmacology of 3,4- methylenedioxymethamphetamine (MDMA or "Ecstasy"). *Psychopharmacology* (Berl) 1995

- [25] Canezin, J; Cailleux, A; Turcant, A; et al. Journal of Chromatography B. 2001
- [26] Klette, KL; Anderson, CJ; Poch, GK; Nimrod, AC; ElSohly, MA. Journal of Analytical Toxicology, 2000
- [27] Odeleye, O.E., Watson, R.R., Eskelson, C.D.: Enhancement of cocaine-induced hepatotoxicity by ethanol. Drug and Alcohol Dependence. 1993
- [28] Evidence from opiate binding studies that heroin acts through its metabolites. [online]. Cit. [1983-10-11]. Copyright © 1983. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0024320583906161?via%3Dihub>
- [29] Redwood toxicology laboratory. *Opiates drug information*. [online]. Cit. [2018-09-20]. 2019. Dostupné z: https://www.redwoodtoxicology.com/resources/drug_info/opiates
- [30] HOLINKOVÁ P. *Odpadní vody kontaminují hektolitry chemikálií z varen drog, čističky je nezachytí*. Praha [online]. Cit. [2018-03-03]. 2017. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/odpadni-vody-kontaminuji-hektolitry-chemikalii-z-varen-drog-cisticky-je_1707031000_ph
- [31] Idnes.cz. *Do řek z čističek tečou i antidepresiva, ryby jsou méně ostražité*. [online]. Cit. [2018-03-01]. © 2017 Mafra a.s., Dostupné z: https://budejovice.idnes.cz/antidepresiva-voda-cisteni-cisticka-zivotni-prostredi-leky-ply-/budejovice-zpravy.aspx?c=A171201_102207_budejovice-zpravy_mml
- [32] Nachytano.cz. *Pstruzi žijící v tocích, kam ústí čistírny odpadních vod, měli v těle jedenáct psychoaktivních látek včetně antidepresiv*. [online]. Cit. [2018-03-03]. © 2017. Dostupné z: <http://www.nachytano.cz/aktualne/?id=515>
- [33] SOJKA, Jan. *Čistírny odpadních vod*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4504-6. S. 20-26.
- [34] SEHNAL, Pavel. *Dotační program Dešťovka 2019 | Praha, Česko | Dešťovka.eu* [online] Cit. [2019-02-23] © 2018 by Pavel Sehnal. Dostupné z: https://www.destovka.eu/?gclid=EAIaIQobChMIwrLTu7HS4AIViUHTCh0HHA5YEAAYBCAAEgL5vPD_BwE
- [35] Státní fond životního prostředí České republiky. *Dešťovka* [online]. Cit. [2019-02-23]. © 2018 Státní fond životního prostředí ČR. Dostupné z: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/destovka/>

- [36] DRABINOVÁ, Silvie. KUNSSBERGER, David. *Druhy odpadních vod – Poradme.se* [online]. Aktual. [2015-10-25]. Cit. [2019-02-23]. Projekt byl podpořen grantem z Islandu, Lichtenštejnska a Norska v rámci EHP fondů. Projekt byl podpořen dotací Ministerstva životního prostředí. Dostupné z: http://poradme.se/index.php/Druhy_odpadn%C3%ADch_vod
- [37] ORT, Christoph, Alexander L. N. VAN NUIJS, Jean-Daniel BERSET, et al. *Spatial differences and temporal changes in illicit drug use in Europe quantified by wastewater analysis. Addiction.* 109(8), 1338-1352. 2014. DOI: 10.1111/add.12570. ISSN 09652140. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/add.12570>
- [38] DUNSELMAN, Ron. *Namísto já: omamné drogy a jejich působení na člověka.* Praha : Asociace waldorfských škol České republiky, 2013. ISBN 978-80-905222-1-3. S. 43-58, 151-153, 233-240, 260-263, 271-275.
- [39] JANDOUREK, Jan. *Slovník sociologických pojmů.* Praha: Grada, 2012. 264 s. ISBN 978-80-247-3679-2. S. 119

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

EO – ekvivalentní obyvatel

BSK₅ – biochemická spotřeba kyslíku

CHSK_{Cr} – chemická spotřeba kyslíku

NL – nebezpečné látky

N_c – celkový dusík

P_c – celkový fosfor

ČOV – čistírna odpadních vod

TOC – celkový organický uhlík

MDMA – 3,4 – methylenedioxy – N – methamfetamin

LSD – diethyl kyseliny lysergové

MAO – monoaminoxidóza

THC – tetrahydrokanabinol

LAE – ethylamid kyseliny lysergové

MAM - monoacetylmorfin

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schematický přehled epidemiologického přístupu	14
Obrázek 2: Strukturální vzorec Tetrahydrocannabinol	30
Obrázek 3: Strukturální vzorec metamfetaminu	31
Obrázek 4: Strukturální vzorec MDMA.....	32
Obrázek 5: Strukturální vzorec LSD	33
Obrázek 6: Strukturální vzorec kokainu.....	34
Obrázek 7: Strukturální vzorec heroinu	36
Obrázek 8: Amfetamin – přítok a odtok.....	39

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hodnoty znečištění na 1 EO (=ekvivalentní obyvatel)	4
Tabulka 2: Orientační hodnoty splaškových odpadních vod	4
Tabulka 3: Doporučené hodnoty znečištění odpadních vod vypouštěných do veřejných kanalizací.....	7
Tabulka 4: Hodnoty BSK ₅ v různých závodech a výrobnách v přepočtu na EO	8
Tabulka 5: Hodnoty u vybraných drog při přítoku a odtoku v čistírnách odpadních vod	38